Martín Fonck

EXPLORACIONES SUBTERRÁNEAS

Siguiendo la (in)visibilidad geotérmica de los Andes chilenos



[transcript] ANTROPOLOGIAAMBIENTAL

Martín Fonck
Exploraciones subterráneas

AntropologíaAmbiental | Volumen 6

Editorial

La serie **AntropologíaAmbiental** reúne estudios basados en métodos etnográficos, que reflejan perspectivas emic y contribuyen a la construcción de teorías medioambientales. La serie se basa en un concepto amplio del medio ambiente, incluyendo tanto el entorno sociotécnico, como el "natural". Con esta amplia variedad temática, la serie busca reflejar prácticas y mundos de la vida en diversos contextos culturales. El objetivo de la serie es también reunir estudios etnográficos relacionados con el medio ambiente y fomentar debates interdisciplinarios e internacionales. De este modo, los libros publicados en **AntropologíaAmbiental** aportan contribuciones únicas a las cuestiones urgentes relacionadas con los desafíos ambientales del presente.
La serie es publicada por Eveline Dürr, Frank Heidemann, Oliver D. Liebig y Martin Sökefeld.

Martín Fonck es investigador asociado del Research Institute for Sustainability Helmholtz Centre Potsdam y LMU Múnich. En esta última universidad realizó sus estudios de doctorado en el Rachel Carson Center for Environment and Society y the Institute of Social and Cultural Anthropology. Sus investigaciones se centran en el estudio de narrativas e imaginarios de las tecnologías para afrontar la crisis planetaria.

Martín Fonck

Exploraciones subterráneas

Siguiendo la (in)visibilidad geotérmica de los Andes chilenos

[transcript]

Aceptada como tesis doctoral en la Ludwig-Maxmilians-Universität München, 2021.

Esta investigación fue posible gracias al apoyo del programa Beca de Doctorado en el Extranjero Becas Chile 2017 (72180056) de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID). Este libro fue publicado gracias al apoyo del Institute for Sustainability Studies (IASS) y LMU Open Access Fund.

Informaciones bibliográficas de la Biblioteca Nacional de Alemania
La Biblioteca Nacional Alemana registra esta publicación en la Bibliografía Nacional Alemana; los datos bibliográficos detallados están disponibles en Internet en http://dnb.d-nb.de.



Publicado en 2023 por transcript Verlag, Bielefeld/Alemania

Diseño de portada: Maria Arndt, Bielefeld/Alemania
Imágen de portada: Fotografía tomada por Juan Brüggen, 1929. Publicada en Brüggen (1942). Los geisers de los Volcanes del Tatio. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 93(101): 236-259.
Impresión: Majuskel Medienproduktion GmbH, Wetzlar
https://doi.org/10.14361/9783839467442
Print-ISBN: 978-3-8376-6744-8
PDF-ISBN: 978-3-8394-6744-2
Serie de libros ISSN: 2629-415X
Serie de libros eISSN: 2747-3597

Impreso en papel resistente al envejecimiento, blanqueado y libre de cloro.

Índice general

Prólogo

El estudio de las relaciones entre humanos y medioambiente en América Latina abarca un amplio corpus bibliográfico que va desde la investigación sobre extractivismo y colonialismo hasta estudios sobre ontología política, proporcionando importantes impulsos para las teorías antropológicas en los últimos años. Sin embargo, la mayoría de los trabajos que estudian la extracción subterránea de recursos se centran más en las consecuencias de estas prácticas en la superficie, prestándole una menor atención al subsuelo.

Este trabajo toma como punto de partida los discursos sobre la invisibilidad de lo subterráneo focalizándose en el caso de la energía geotérmica. Se centra en dos lugares icónicos para el estudio de la geotermia de la Cordillera de los Andes chilenos: la falla Liquiñe-Ofqui, en el sur de Chile, fenómeno geológico que suele recibir una menor atención pública e interés de parte de las investigaciones en ciencias sociales y humanidades, y el otro es el campo de géiseres de El Tatio, en el desierto de Atacama, que también desempeña un importante papel como atractivo turístico. Estos sitios albergan sistemas geotérmicos que han sido descritos como una fuente potencial de energía para Chile. Por ello, su exploración reviste también una gran importancia para las políticas que buscan diversificar la matriz energética con nuevas fuentes de energía. Sin embargo, y este estudio lo demuestra convincentemente, los conocimientos sobre esta forma de energía son limitados. Desde el punto de vista de la producción de electricidad a partir de la energía geotérmica, la localización exacta de las fuentes de energía potencial es difícil de conocer y su utilización no ha escalado mayormente a un nivel nacional. Además, estos recursos energéticos se encuentran en territorios indígenas, abriendo interrogates sobre los futuros que se buscan generar explorando estas nuevas fuentes de energía.

El estudio arroja luz sobre la interacción entre las promesas de energía, discursos globales sobre la transición energética y los contextos dónde se busca implementar. El autor utiliza métodos etnográficos para desentrañar discur-

sos sobre la invisibilidad de la energía geotérmica. Otro de los puntos fuertes de la obra reside en la excelente combinación de fuentes heterogéneas, incluidos registros históricos y visuales. El autor las analiza cuidadosamente y las pone en diálogo con el material etnográfico. A través del exhaustivo estudio de las fuentes, por un lado, surge una imagen detallada de la generación del conocimiento de estos espacios *invisibles* y, por otro lado, a través de la perspectiva histórica, convierte en objeto de análisis las propias dinámicas de la investigación geológica.

Preguntándose por los efectos de las promesas de energía futura en el presente, este trabajo describe los desafíos buscando producir evidencia del subsuelo. En este ejercicio se va encontrando con diversos relatos, experiencias humanas, conflictos y formas de atención de las manifestaciones geotérmicas que van más allá de la producción de electricidad. Este trabajo abre un debate amplio sobre las infraestructuras de energía y de la imaginación de otros futuros posibles. Con este innovador trabajo, el autor presenta una nueva perspectiva sobre los estudios sociales de la energía y las preguntas asociadas a la invisibilidad de recursos potenciales en América Latina.

Eveline Dürr, abril de 2023

Escuchando el característico ruido del vapor, soñé con el futuro, en que toda aquella masa de vapores que hoy se pierde inútilmente en el aire, fuese sujetada en enormes conductores y amasada en poderosos tubos alternadores y transformada en energía eléctrica, pudiera correr sin cesar día y noche a través de los blancos hilos metálicos y aportar su poderoso soplo vital a las lejanas industrias de toda la provincia
(Domingo Mongillo citado por Juan Brüggen 1942:249).

Introducción: La (in)visibilidad geotérmica de los Andes chilenos

Los fenómenos geológicos tienen una fuerte presencia visual en el paisaje de los Andes chilenos. Volcanes, aguas termales, terremotos y géiseres son fruto de una activa geología. A principios del siglo XX, ingenieros y geólogos[1] italianos contratados por *la sociedad privada Comunidad de El Tatio*, creada por miembros de la colonia italiana de Antofagasta, comenzaron a imaginar transformar en electricidad el calor de los reservorios de agua subterránea. El epígrafe con el que comienzo este relato ilustra imágenes de futuro proyectadas por el ingeniero italiano Domingo Mongillo frente al vapor en el campo de géiseres *el Tatio*. Sin embargo, su uso como energía eléctrica a una escala nacional ha sido una promesa inconclusa. Inspirado por la antropología de la energía e infraestructuras, este libro indaga etnográficamente en las promesas de la energía geotérmica y su abandono en los Andes chilenos.

La energía geotérmica es definida como aquella energía contenida como calor en el interior de la tierra (Barbier, 2002), comúnmente en reservorios de agua caliente subterráneos. Esta energía puede ser utilizada potencialmente como fuente de electricidad o usos doméstico y productivos. En las últimas décadas en Chile el interés por la geotermia ha sido reactivado por los desafíos del cambio climático y la transición energética. La geotermia ha sido entendida como una energía futura, limpia y sostenible, en contraste con otras alternativas (como la hidroelectricidad o los combustibles fósiles importados). En Chile, el año 2017, fue inaugurada por el segundo gobierno de la presidenta Michelle

1 Los participantes de estas primeras exploraciones fueron exclusivamente varones según los registros. Sin embargo, durante las últimas décadas la composición de género de los grupos científicos y técnicos se ha transformado, contando con la participación de mujeres.

Bachelet (2014–2018) *Cerro Pabellón*, la primera planta geotérmica de América del Sur en la comuna de Ollagüe en Alto Loa. Sin embargo, la comunidad científica ha planteado que uno de los mayores desafíos para su desarrollo es la falta de conocimiento sobre este recurso energético. En la actualidad, existe incertidumbre sobre dónde se localizan y cómo se comportan los reservorios subterráneos. Si bien se asocia a sistemas cordilleranos, no se conoce específicamente dónde se encuentran y cuales son sus características.

Bajo el interés de abordar el vacío que existe sobre los potenciales geotérmicos y producir conocimiento sobre este recurso renovable, el año 2011 fue fundado el Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes (CEGA). Este centro fue creado en la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica, con fondos para el financiamiento de centros de investigación en áreas prioritarias (FONDAP). La fundación de este centro representa el interés y la promesa de parte del Estado por incentivar la producción de conocimiento y evidencia para desarrollar futuros energéticos sustentables.

El caso del CEGA es parte de una serie de iniciativas que buscan enfrentar las barreras de entrada de tecnologías renovables para generar nuevos desarrollos en el ámbito de las soluciones energéticas (Palma & Rudnick, 2018). Su financiamiento bajo el esquema de los centros FONDAP, se ha dado junto a la promoción del desarrollo de áreas como la energía solar (SERC), recursos hídricos (Crhiam) y centro de ciencia del Clima y la Resilencia (CR2), donde su misión es crear conocimientos para desarrollar áreas definidas como prioritarias para el país (Palma & Rudnick, 2018). El CEGA ilustra la intención de parte del Estado por movilizar a la evidencia científica como generadora de política en energía. Desde un plano global, la narrativa que sustenta estas políticas se basa en la visión que la evidencia científica puede influir en la transición hacia fuentes de energías más sustentables.

Sin embargo, expertos y expertas en la materia señalan que una de las grandes barreras para el desarrollo de la electricidad a partir de esta energía corresponde a que el calor no es visible al ojo humano. Esto contrasta con otras energías como la eólica o solar, las que se encuentran avanzadas en la transición hacia energías no fósiles y la descarbonización de la matriz energética. Comparada con la presencia del viento, el sol o el agua del mar, este calor esta sumergido en el interior de la tierra. Si bien existen tecnologías para estudiar su localización, es un proceso incierto y costoso. Pero además para explicar estas barreras se utilizan argumentos que van más allá de lo técnico. Esta energía también sería invisible a un nivel público y cultural, y en consecuencia su desarrollo no estaría siendo demandado por la ciudadanía.

Tomando esta discusión como punto de partida, este libro se centra en la invisibilidad de la energía geotérmica y su relación con los imaginarios de la electricidad. Explorando las diversas formas en que las promesas de esta energía se han sostenido en el tiempo, describo la influencia de los imaginarios de la electricidad en la forma en que se proyectan los futuros potenciales de esta energía. Si bien al describir los sistemas geotermales por lo general se separan las tecnologías asociadas a la producción de electricidad y los usos directos del calor, los imaginarios de la electricidad siguen afectando–y limitando–las formas que los futuros de esta energía son imaginados.

Uno de los principales hallazgos durante el trabajo de campo fue encontrarme con la relevancia del debate sobre la invisibilidad de la geotermia al indagar sobre los futuros de esta energía en los Andes Chilenos. Realizando trabajo en terreno quise indagar en mayor profundidad en esta forma de describir la energía geotérmica. Haciéndome la pregunta ¿Para quién es invisible? ¿Bajo qué contexto? este trabajo relata la historia de la energía geotérmica desde los sitios donde el calor y los potenciales geotérmicos han sido estudiados. El caso de la energía geotérmica en Chile nos ofrece la oportunidad de estudiar como ha sido imaginada una promesa de energía. Este libro se estructura por medio de un viaje describiendo los elementos que componen la energía geotérmica y los encuentros humanos con su calor. Particularmente, siguiendo la producción de evidencia geotérmica a partir de rocas, vapor, aguas subterráneas y manifestaciones termales.

La cordillera de los Andes tienen una fuerte presencia visual en el paisaje chileno. Su imagen ha tenido un papel activo en el discurso nacional y en la producción de la identidad territorial del país por medio de la cultura visual (Valdés, 2012). Sin embargo, el paisaje de la cordillera también ha sido representado desde un punto de vista lejano. Como señala la historiadora María José Correa (2017), la imágen de la cordillera de los Andes fraguada bajo la temprana conceptualización hispana fue presentada como una barrera letal de hielo y abismos. Sin embargo, a finales del siglo XIX, las nuevas ciencias ilustradas republicanas buscaron establecer a los Andes como un espacio de interés para los viajeros naturalistas, ofreciéndoles la posibilidad de acceder a conocimientos únicos y extraordinarios.

Estas historias de exploración científica también se enmarca junto a procesos de extracción de recursos en América Latina. En Chile, históricamente las montañas han sido concebidas como espacios sin vida esperando a ser animadas mediante prácticas de extracción (Ureta & Flores 2018). Este contexto

invita a examinar la relación entre evidencia científica y las circunstancias culturales y políticas en las que se enmarcan.

Este trabajo busca ser un aporte, desde la antropología y las humanidades ambientales a la discusión de las políticas de la evidencia científica y su involucración en los futuros de las energías renovables en América Latina. El interés nace por querer explorar en profundidad la imagen de los Andes y cómo la cordillera ha sido históricamente transformada en un laboratorio. Pero más allá de la imagen escénica de los Andes, quiero invitar a reflexionar sobre las experiencias junto a los fenómenos bajo sus pies. Antes que esencializar el subsuelo como un espacio homogéneo, este trabajo busca prestarle una atención etnográfica a cómo ha sido explorada e imaginada el uso de su energía potencial. En esta tarea, busco problematizar los relatos de la invisibilidad geotérmica, inspirado por la literatura en antropología de la energía y los estudios de ciencia, tecnología y sociedad.

El siguiente apartado presenta cómo fue abordado el concepto de evidencia geotérmica, definición que estructura este trabajo en término teóricos y metodológicos. Comenzando con una discusión general e histórica de la noción de evidencia, paso a explicar la aproximación conceptual elaborada. A su vez, cómo durante el trabajo de campo los desafíos asociados a la producción de energía eléctrica a partir de sistemas geotérmicos se transformó en una posibilidad etnográfica.

Siguiendo evidencias geotérmicas

La producción de evidencia y su negociación ha sido un campo fértil en ciencias sociales y humanidades para estudiar jerarquías y las formas de establecer conocimientos válidos. Se trata de un aspecto crítico a la hora de estudiar la relación entre conocimientos expertos y sus contextos culturales. La evidencia ha operado como un régimen de verdad que traza la línea entre lo real y lo no real, entre la ciencia y la creencia, bajo el requerimiento moderno de la prueba como proceso de inclusión y exclusión (Daston, 1991; De la Cadena, 2015). Sin embargo, siguiendo el trabajo de Summerson Carr (2010), la expertiz y la generación de pruebas, es algo que la gente *hace* antes que posee o tiene. Esta aproximación también guarda relación con el concepto acuñado por Donna Haraway (1988) *situated knowledges*[2], aproximaciones desde la historia del conocimiento cientí-

2 *Conocimientos situados*, traducción propia del inglés al español.

fico (Shapin, 1996; Shapin & Schaffer, 1985) y estudios sobre *expertise* (Collins & Evans, 2007). Uno de los principales aportes de estos trabajos, es la crítica a la creencia generalizada sobre la capacidad de la ciencia empírica para desapegarse de los contextos culturales donde se produce. La revolución científica del siglo XVII se conformó cultivando una forma de conocimiento que se posiciona desde todos y ningún punto de vista. Por el contrario, al buscar situar los conocimientos se invita a observar cuidadosamente como estos se producen por medio de contextos específicos.

Uno de los artefactos centrales de la cultura científica del siglo XVII para producir conocimiento legítimo, fue el requerimiento de la evidencia. La cultura ilustrada elevó a sus altares a la recolección de pruebas, estableciendo como requisito fundamental para que un *hecho* se constituya como evidencia, que sea inocente de toda intención humana (Daston, 1991; Orrego, 2015). Sin embargo, la evidencia es realizada por prácticas situadas en contextos concretos. Como nos enseña Laura Watts (2018), en nuestras propias prácticas científicas, el lápiz con el que escribimos tiene su propio movimiento, nos sentamos sólo en una silla en la sala, no en todas. Reconocer esta condición genera una objetividad honesta que destaca los límites del proceso. Al tomar la decisión sobre lo que se busca conocer, se van excluyendo otros ámbitos de la realidad. Los instrumentos de la observación están aquí y no en otro lugar. No están en todas partes al mismo tiempo y esa es su condición de posibilidad. El conocimiento se produce desde una perspectiva parcial. La evidencia, más que ser una verdad estática mantenida por grupos determinados, se encuentra compuesta de prácticas, con las cuales se va respondiendo a requisitos, preocupaciones[3], estándares de prueba y comunidades específicas (Brown, 1992; Latour, 2004).

Mi orientación durante el trabajo de campo fue seguir la producción de conocimiento por medio de prácticas de evidencia. Con este objetivo en mente, al poco andar durante el trabajo de campo, descubrí que la energía geotérmica ya no era la nueva promesa de energía renovable en Chile. En el camino de la transición energética la energía solar tomó la delantera. Las empresas gradualmente dejaron de interesarse en invertir en esta energía. Luego de la aprobación de la Ley N°19.657 el año 2000, la denominada *Ley geotérmica y* el boom de concesiones geotérmicas durante la primera década de este siglo (Vargas Payera, 2018), el entusiasmo por esta energía fue disminuyendo durante los siguientes años. En palabras de Máximo Pacheco, Ministro de Energía del segundo gobierno de Michelle Bachelet y promotor de la política energética 2050: "Los privados no

---

3 Traducción propia al español del concepto original en inglés *matter of concern*

veían suficiente estímulo para embarcarse en proyectos geotérmicos de resultado incierto, por el elevado riesgo exploratorio" (Pacheco, 2018:568). A lo que se suma el despegue de la energía solar por reducción de costos de inversión el año 2014.

Bajo este contexto, los proyectos se detuvieron y las empresas se desinteresaron por invertir recursos en el desarrollo de esta energía. Al nivel de producción de conocimiento científico esto significó un desafío. Sin embargo, desde la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica, el CEGA buscó transformar su enfoque en este nuevo contexto. Que el futuro de esta energía estuviera en un proceso de transición, antes que ser un impedimento para mi estudio, se convirtió en la posibilidad de abordar etnográficamente este proceso de transformación. Como retribución, me comprometí con el CEGA a colaborar en el análisis de fuentes históricas de la energía geotérmica en Chile. Así fue como, contactando a geólogos y geólogas investigando en este centro en el XV congreso geológico chileno en la Universidad de Concepción el año 2018, encontré la posibilidad de iniciar el trabajo en terreno sumándome a una exploración geológica focalizada en estudiar un sistema geotermal en la cordillera de los Andes.

Lo que quiero relatar a lo largo de este escrito es la experiencia siguiendo exploraciones geotérmicas en los Andes. El trabajo de campo lo desarrollé en 8 meses entre los años 2018 y 2019, como continuación de la experiencia de investigación de 5 años entre el año 2012 y 2017 en áreas cordilleranas en el Centro-Sur de los Andes chilenos. Específicamente, comenzé realizando trabajo en terreno en el valle de Liquiñe en el sur de Chile sumándome a tres expediciones realizando observación participante durante los meses de diciembre (2018), enero y febrero (2019). Durante las campañas de terreno participaron 7 geólogos y 3 geólogas durante 3 expediciones, cambiando el número de personas del grupo según las diferentes salidas a terreno. Aquí trabajé acompañando y describiendo la toma de datos y muestras trasladadas luego hacia los laboratorios en la Universidad en Santiago[4].

---

4 A lo largo del texto incorporo citas de los registros durante la observación participante en las exploraciones geológicas. Éstos fueron realizados mediante grabación de video, entrevistas, fotografía y notas de campo. Estas citas las integro dentro del relato del texto, mientras que entrevistas registradas exclusivamente con audio las señalo en la referencia.

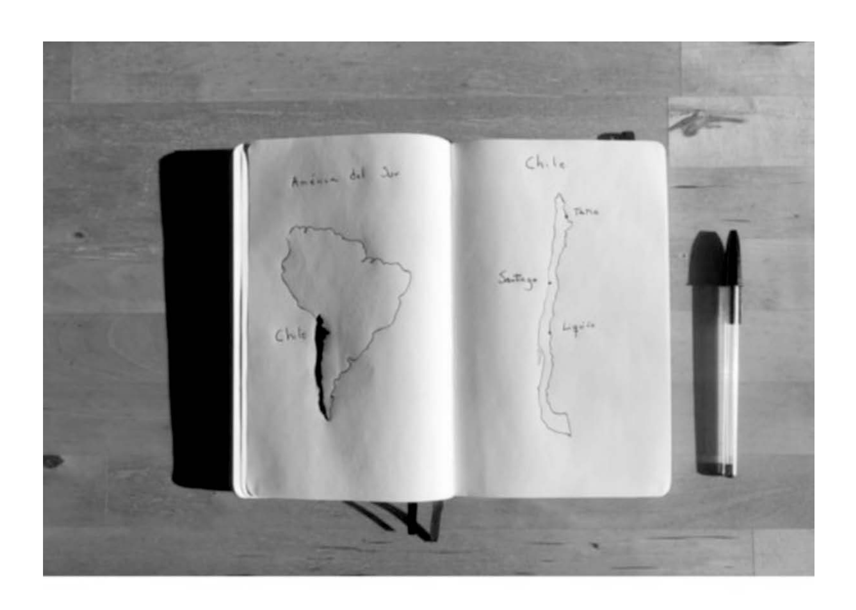




Figura 1: En la parte superior se muestran dibujos en el cuaderno de campo de las áreas de estudio. A la izquierda se retrata la posición de Chile en América del Sur. A la derecha la localización de los casos de estudio en referencia a Santiago, la capital de Chile. Elaboración propia (2021). En la parte inferior de la figura, se representan las dos zonas de estudio, las que coinciden con dos áreas centrales para la geotermia de la cordillera de los Andes: la actividad volcánica de la Zona Sur y Norte de Chile. Mapa elaborado a partir de dibujo en el libro Amereida sobre el relieve de la cordillera de los Andes (Iommi et al., 1967:3).

Estas experiencias en terreno fueron complementadas con trabajo de archivo consultando documentos recopilados por el CEGA, la biblioteca del Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), La Biblioteca Nacional y la Biblioteca del Congreso Nacional. Fruto del trabajo de archivo, incorporé los géiseres del Tatio en el Desierto de Atacama en el norte de Chile (decisión que explico en mayor detalle en el capítulo 1 y 2).

Finalmente, realicé entrevistas a geólogos y geólogas con experiencia de terreno en estos dos sitios icónicos para la investigación geotérmica. También entrevisté a guías locales y trabajadores involucrados en exploraciones geotérmicas en estos sitios de estudio. El criterio que utilicé para realizar entrevista fue seguir a los actores involucrados en exploraciones geológicas en las que participé o en los documentos históricos analizados, buscando de tal manera ir recomponiendo los trazados de la evidencia geotérmica.

Durante el proceso de investigación también noté que la trayectoria de mis propios diarios de campo y los procesos de aprendizaje registrados fueron una forma de exploración en sí misma. La elaboración de los diarios me permitió acompañar las prácticas de medición, cultivando un interés por aprender desde *la experiencia de registro*. El uso de las libretas de campo es una tradición que la antropología y geología comparten. Pero antes que buscar representar un fenómeno externo, el ejercicio de descripción me permitió cultivar *una forma de atención* particular. Mi decisión fue seguir estas expediciones prestándole atención a las manifestaciones del calor. En el ejercicio de escritura y descripción encontré un espacio para transformar mi actitud, descentrando mis propias formas de atención y dejándome guiar por la curiosidad.

El cultivo de una atención curiosa como orientación en el trabajo de campo ha sido conceptualizado por perspectivas en Antropología; Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad; Estudios Feministas y Humanidades Ambientales. Específicamente, este trabajo se encuentra inspirado por la aproximación *The arts of attentiveness* (Van Dooren, Kirksey & Münster, 2016) o *Involutionary mode of attention* (Hustak & Myers, 2012). Desde este enfoque se trata de seguir cuidadosamente las prácticas de conocimiento, cultivando la lentitud necesaria para descentrar la mirada y prestarles atención a las trayectorias que emergen al observar fenómenos de la naturaleza. La invitación al cultivo de una atención curiosa como método etnográfico se ha utilizado generalmente para estudiar plantas, animales, hongos o insectos. Pero aquí he buscado seguir rocas, minerales o aguas termales sumergidas en el interior de la tierra. Si bien se trata

de entidades invisibles al ojo humano, desde la geología e ingeniería se busca monitorear sus trayectorias, volviéndolas visibles por medio de diversas herramientas tecnocientíficas tales como prácticas de medición geológicas o perforaciones. Por esta razón es que seguir las prácticas de evidencia geotérmica me permitió acceder a formas de visualización de lo subterráneo que de otro modo hubiera sido complejo acceder.

La curiosidad es una forma de atención a menudo presente en los instantes previos a conocer un fenómeno. Asociada al arte de coleccionar, es el ejercicio de dejarse llevar por los fragmentos de lo que se observa. Se trata de un momento de atracción, afecto y conexión con lo observado. Pero la curiosidad no se opone necesariamente a usos mecánicos posteriores. Muchos procesos científicos que han gatillado procesos de destrucción y violencia han nacido a raíz de la curiosidad. El antropólogo Hugh Raffles (2010), al describir el arte de la dibujante científica Cornelia Hesse-Honegger, nos invita a ver las bases de la curiosidad científica en los momentos íntimos de atención. El caso de esta artista ilustra como su curiosidad la orienta a observar como lo aparentemente invisible se hace presente, dibujando insectos deformados por la radiación de la energía nuclear. Al describir su arte, el antropólogo nos invita a detenernos en un aspecto de su obra. Antes que realizar una representación naturalista de estos cuerpos, ella crea series utilizando sólo la forma y el color de estos cuerpos deformados por la radiación. Su arte nos muestra como la evidencia de lo invisible al ojo humano puede tomar forma en el mismo acto de dibujar.

Desde un plano general, esta observación también es una invitación a detenerse en las experiencias que acompañan la producción de conocimiento. Según Michael Taussig (2011) antes que las promesas de realismo contenida en los registros de un diario de campo, estos ofrecen la posibilidad de conocer por medio de fragmentos. Deteniéndose en los dibujos realizados en sus cuadernos de terreno, el autor nos invita a pensar en la capacidad que tiene para reflejar la intimidad de la experiencia vivida, como también la incompletud del registro. Es a esta intimidad, y sus límites, a la que busqué acceder. Tomando como principio *seguir las prácticas de evidencia* y su experiencia explorando el subsuelo, cultivando al mismo tiempo formas de atención abiertas a descubrir la emergencia de otras trayectorias posibles. A continuación, las secciones 2. y 3. desarrollan las discusiones teórico-conceptuales centrales que inspiran y a las que este trabajo busca contribuir.

Exploraciones geotérmicas

La energía geotérmica busca utilizar como recurso el calor de la tierra. Se trata de la energía contenida en los reservorios de agua subterránea, calentados por el magma. Es el proceso por medio del cual el agua alcanza altas temperaturas por el calor que permean las rocas. El aprovechamiento de la geotermia es un esfuerzo tecnológico para utilizar esta energía. En general, se trata de sistemas de calor compuesto por una arquitectura de rocas y fluidos, sumergida en el interior de la tierra. Es por esta razón que para el desarrollo de la energía geotérmica se necesitan conocimientos y tecnologías que permitan representar y volver visibles estos sistemas por medio de estudios geológicos en la superficie o la perforación de sondajes. Bajo esta perspectiva se busca encontrar recursos energéticos y condiciones que permitan utilizar la energía del subsuelo.

El interés por el subsuelo como recurso en América Latina tiene una larga tradición asociada a la conquista española en el siglo XV. Una imágen común asociado a quienes observan las rocas es la búsqueda del oro de parte de los conquistadores españoles. El proyecto colonial del imperio español nace junto a un interés por los minerales del subsuelo. Durante la constitución de los Estado-Nación en el siglo XIX en América Latina, exploraciones científicas colaboraron en representar las condiciones del subsuelo, facilitando la posterior extracción de minerales y recursos.

Para poder utilizar los recursos del subsuelo se necesitan conocimientos y formas de representación que permitan identificarlos. Actualmente, para el desarrollo de la geotermia en Chile, producir evidencia que permita conocer la localización del recurso ha sido señalada como una necesidad fundamental. Para crear un recurso energético se necesita comprender el comportamiento de los sistemas geotérmicos en el subsuelo y las dinámicas que lo componen. Pero el estudio de estos sistemas es un proceso rodeado de incertidumbre. Entre las barreras para el desarrollo de la geotermia se señalan los costos asociados a las fases iniciales de exploración. Para que estos fenómenos del subsuelo sean identificados como recursos energéticos se necesita invertir en la producción de datos y exploración previa. Específicamente, desde una perspectiva etnográfica este trabajo se focaliza en las prácticas de evidencia para crear un recurso geotérmico. Primero, la producción de conocimiento geológico en terreno y segundo, el uso de infraestructuras para aprovechar el calor del subsuelo como fuente de energía.

Geología

Los conocimientos geológicos han sido fundamentales para identificar los recursos geotérmicos. La geología tiene la capacidad de volver visible como recurso dinámicas y sistemas que desde la superficie se encuentran ocultas al ojo humano. Al estudiar el subsuelo desde la superficie, en geología se debe aprender a interactuar con fenómenos que no se ven. La evidencia permite entregar pistas que ayudan aproximarse a un fenómeno que no puede ser abordado en su totalidad. Por medio de evidencias se estudia un fenómeno que en su escala excede a quien observa. Esto aplica tanto para la escala temporal, como la dimensión espacial de los fenómenos bajo estudio. Un desafío que se encuentra también presente en la misma enseñanza de la geología (Kastens et al., 2009). Es una capacidad que debe desarrollar el estudiante para desarrollar una mirada geológica. Esto también se relaciona a las dificultades en esta disciplina de conducir experimentos a una escala geológica (Tironi, 2019). Los estudiantes deben aprender a recomponer escenas en el tiempo y utilizar la imaginación como parte de la observación geológica. Y la experiencia en terreno es el lugar por excelencia para aprender a convivir con los límites espaciotemporales de un fenómeno que excede la mirada humana.

Por otro lado, el subsuelo a menudo ha sido descrito como un territorio que provoca un sentido de curiosidad personal, cultural o mística, pero también ha permitido el impulso tecnológico para las industrias extractivas (Kearnes & Rickards, 2017). Para el filósofo de la ciencia, Lewis Mumford (1934), el subsuelo ha sido predicado como un suelo literal y metafórico para el desarrollo de la economía política contemporánea. Las formas de representación de lo subterráneo, y las intervenciones materiales de estos espacios, han puesto en curso los discursos e imaginarios sobre la capacidad de la tecnología. Junto al nacimiento de la geología, esta disciplina facilitó volver el subsuelo una naturaleza leíble, abierta en un sentido epistemológico a la medición económica y política (Braun, 2000; Melo Zurita et al., 2017).

En términos de la experiencia humana, el subsuelo *no se ve* o al menos no es posible observarlo de manera directa desde la superficie. Pero esto no sólo implica un límite. Si bien el subsuelo metafóricamente es uno de los espacios inciertos por excelencia, no tener una acceso directo y completo es un límite que se ha enfrentado mediante diversas formas de representación. Históricamente, a partir del siglo XIX imágenes y mapas han permitido explorar y conocer los espacios subterráneos. Conocimientos y tecnologías han colaborado en expandir el interés estatal hacia lo subterráneo, extendiendo las fronteras

espaciales horizontales, hacia un *territorio vertical* (Braun, 2000). Esto tiene que ver con un interés de los Estados por asegurar no solamente el control del espacio aéreo, sino también de los recursos minerales y energéticos subterráneos. Ejemplo de esto es como la creación de tecnologías de sondaje permitió visualizar el subsuelo desde una perspectiva vertical extendiendo el espectro del poder político (Braun, 2000; Clark, 2019). La horizontalidad de las representaciones territoriales, fue atravesados por una nueva mirada fruto de estas nuevas tecnologías y conocimientos, abriendo la geometría del espacio y su volumen.

Desde una perspectiva legal, para la creación de los recursos del subsuelo un gesto central fue la separación entre los derechos de la superficie y los del subsuelo. Durante la consolidación de la industria minera, fue fundamental generar derechos separados para darle forma a los recursos del subsuelo. Esto ha sido estudiado por Bruce Braun (2000) quien analiza este gesto legal y su relación con la producción de conocimiento geológico. Analizando la gobernanza Estatal para el caso de Canadá, el trabajo de este autor es un aporte para comprender el rol de la geología en la expansión del territorio vertical en la costa oeste de América del Norte en el siglo XIX. Separar los derechos del subsuelo de la superficie permitió incentivar la prospección, en lugar de entregar los recursos geológicos del Estado a los dueños de las propiedades agrícolas. Según los discursos oficiales de la época, esto permitiría entregar los recursos geológicos en manos de empresas con los conocimientos, instrumentos y capacidades adecuadas, en lugar de asignarlos por el mero accidente a los dueños de la superficie, excluyendo prácticas mineras artesanales y especulaciones ineficientes. Esto también ayudaría a regular con derechos especiales para incentivar una minería eficiente, dotando de incentivos para explotar recursos inútilmente desaprovechados en territorios remotos.

Lo que Braun busca argumentar es cómo las prácticas de la geología desde un punto de vista de la gobernanza de Estado, permitieron activar nuevos recursos, trasformar el sistema de propiedad e incorporarlos al dominio del escrutinio público y la política, abriendo un territorio vertical de exploración. El aporte de este autor es cuestionar la perspectiva unidireccional que considera la producción de conocimiento como reproducción del interés Estatal. Su estudio muestra la influencia política que tuvo la producción de conocimiento geológico, transformando el espacio de la gobernanza estatal.

En esta misma línea de estudios sobre el subsuelo, el trabajo de Eric Nystrom en su libro *Seeing the underground* (2014) muestra como durante el desarrollo de la minería y las profesiones técnicas asociadas en Estados Unidos, surgió una cultura visual para representar estructuras subterráneas. El autor estudia

la generación de conocimientos y expertiz asociada a los mapas subterráneos. Según Nystrom, el desarrollo profesional de la ingeniería en minas creó una cultura visual constituida por prácticas, artefactos, y discursos que permitieron visualizar el subsuelo, pero en su argumento, el mayor aporte para el presente trabajo es observar como estas representaciones también son contestadas. Específicamente mediante el rol que juegan las infraestructuras abandonadas que escapan a la representación, desestabilizando e irrumpiendo en las operaciones mineras. Se trata de ruinas de faenas mineras antiguas fuera de los mapas que poseen los expertos, y que causan accidentes al colisionar con nuevas operaciones mineras. De este trabajo es posible notar como la capacidad inestable del subsuelo, vuelve necesarias las representaciones que permitan estabilizar potenciales desarrollos futuros. Se necesita producir formas de visualización para poder controlar, transformar y utilizar el subsuelo. Sin embargo, el abandono de infraestructuras, o la inestabilidad de los fenómenos geológicos, hacen visible los límites de las representaciones del subsuelo. Las dinámicas subterráneas tienen la capacidad de subvertir los límites de las representaciones que buscan estabilizar un dominio incierto al ojo humano.

Esto también aplica a los sistemas geotérmicos, los que cambian sus estados, permeabilidad y se desplazan fuera de la vista humana. Su principal forma es la del calor. Pero aquí me refiero no solamente a la noción abstracta conceptualizada por la física moderna como *calor*, sino el fenómeno concreto y material, y su interacción con aguas y rocas subterráneas. El calor subterráneo posee una direccionalidad específica. Una trayectoria ascendente obstruida o facilitada por propiedades de las rocas, tales como la porosidad, que, a su vez, se desarrolla bajo una temporalidad geológica y lentos procesos subterráneos.

La temporalidad geológica escapa la escala humana. Sin embargo, al transformar las fuerzas de la tierra en un recurso, los humanos por medio de tecnologías intentan instalar su capacidad de control. Los fenómenos geológicos son estabilizados y utilizados como recurso (Kuchler & Bridge, 2018). Pero las dinámicas del interior de la tierra también tienen la capacidad de desarticular programas tecnológicos. Pueden volver inestable las identidades impuesta por humanos. Desestabilizando esta identidad, se hace visible su capacidad de irrumpir mediante eventos que desmantelan conceptualizaciones preestablecidas.

La geología, fundándose en la observación de las dinámicas de la tierra y describiendo su capacidad para desestabilizar la escala humana, tambien ha colaborado activamente en volver visible lo subterráneo como recursos para ser extraídos. Esta es una tensión que ha acompañado a la disciplina y que ha cap-

tado un creciente interés por la geología en antropología (Irvine, 2014; Oğuz, 2020; Fonck & Simonetti, 2020). Este trabajo busca contribuir a esta discusión describiendo como rocas, aguas subterráneas y su calor tienen la capacidad para afectar y desestabilizar las políticas de la energía.

La geología en sus orígenes no se constituyó exclusivamente de observaciones científicas. El desarrollo de la minería y las políticas del subsuelo tuvieron un rol significativo. La observación sublime del tiempo profundo, nació y se institucionalizó de la mano con el interés por conocer y utilizar los potenciales recursos del subsuelo. Particularmente, las tecnologías de perforación han sido infraestructuras fundamentales para transformar sistemas geotérmicos en un recurso potencial para producir energía eléctrica. El siguiente apartado relata como estas tecnologías fueron abordadas conceptualmente.

Infraestructuras de exploración

Para explorar y transformar las fuerzas geológicas en un recurso geotérmico, la capacidad que poseen las infraestructuras es fundamental. Siguiendo la definición de Brian Larkin (2013), las infraestructuras son tecnologías que permiten el movimiento de otras materias. Pero para Larkin, estas poseen una ontología particular, ya que si bien poseen una materialidad propia, al mismo tiempo se trata de una función. En otras palabras, las infraestructuras son también relaciones. Esta definición es relevante para el argumento de este libro, ya que ellas tienden a ser invisibilizadas o naturalizadas por la función que cumplen. Pero en ciertos eventos se vuelven visibles, como por ejemplo un colapso o la detención de su funcionamiento. La materialidad que la compone pasa a primer plano, desplazándose el foco de atención hacia su presencia visual.

En el caso de la geotermia, infraestructuras como las tuberías de pozos han permitido evaluar, canalizar y trasformar la energía del subsuelo en electricidad. A esto se suman las prácticas de medición geológicas e ingenieriles, las que forman parte del funcionamiento de estas infraestructuras, permitiendo explorar cómo fenómenos geológicos pueden ser transformados en un recurso geotérmico. Datos, muestras de rocas, agua o vapor, observaciones de terreno, sondajes, mapas e imágenes geológicas, han colaborado en transformar el subsuelo en una potencial infraestructura geotérmica.

Esta perspectiva también ha sido trabajada por Andrew Barry (2016). Tomando la definición inicial de Susan Leigh Star & Karen Ruhleder (1996), las infraestructuras son construidas sobre *bases instaladas*. Pero estas se instalan no solamente sobre artefactos tecnológicos construidos por humanos (Barry,

2016). Lo que el autor busca argumentar es que tuberías, túneles o rieles no son construidos sobre una base instalada, sino literalmente en la tierra. Para el caso de infraestructuras geotérmicas, las condiciones subterráneas son también parte integral de su existencia y la continuidad de su función como recursos. Por lo tanto, la medición y estudio permite su integración como componentes de la mecánica del recurso. En otras palabras, los elementos geológicos también son transformados en una infraestructura geotérmica.

La antropóloga Andrea Ballestero (2019a), en su trabajo sobre subsuelo y acuíferos en Costa Rica y Brasil, agrega que para conocer estas entidades del subsuelo, en su caso acuíferos, diversos elementos permiten visualizar su materialidad. Para ser activado como recurso se necesitan movilizar una serie de herramientas legales y tecnocientíficas, tales como permisos de trabajo, licencia de uso de agua, modelos matemáticos y cálculos de las cantidades de extracción. Es a partir de esta combinación de instrumentos legales y tecnocientíficos que el agua del subsuelo pasa de ser una entidad con límites difusos, a una figura clara. El caso del agua subterránea analizado por Ballestero resuena claramente con los reservorios geotérmicos en una característica fundamental: no se pueden ver desde la superficie. Al volverlos recursos reconocibles, los reservorios van siendo impregnados de historias políticas y científicas particulares. Esto hace que el proceso de transformar entidades del subsuelo en recursos sea interesante de analizar. Por medio de prácticas de conocimientos y medición, estos fenómenos se vuelven pensables como una infraestructura para su potencial uso (Ballestero, 2019a).

En los últimos años, los regímenes de visibilidad de las tecnologías han ido tomando cada vez más atención a partir del creciente interés en ciencias sociales sobre las políticas de la energía y sus infraestructuras frente a los desafíos del cambio climático. Este libro se sitúa específicamente en el interés por explorar cómo la presencia o ausencia visual de las infraestructuras transforma sus dimensiones políticas, sociales y culturales.

Un caso icónico, y central para este trabajo, son las políticas e infraestructuras para producir electricidad, uno de los aparatos fundacionales desde donde se ha constituido la experiencia moderna desde finales del siglo XIX (Boyer, 2015). Al estudiar la electricidad no sólo es posible describir cómo los ambientes propios de la modernidad y sus hábitos han sido cultivados, si no también cómo las lógicas de la electricidad se relacionan a como se estructura el poder político. Las redes eléctricas ejemplifican como las lógicas de la electricidad han colaborado en reproducir una escala nacional y formas particulares de poder, por medio de imaginarios respecto a su constancia, disponibilidad y la

continua necesidad de expansión. Las infraestructuras para el fluido de la electricidad producen y reproduce el poder de los Estado modernos (Howe, 2019; Boyer, 2019). No solamente se trata un instrumento que poseen los gobiernos para desarrollar agendas políticas, sino que la misma forma en que están diseñadas las redes de electricidad y sus infraestructuras permiten la organización política del Estado y su existencia.

Por otro lado, la invisibilidad de las infraestructuras también ha jugado un rol importante en dejar las energías fósiles fuera de la vista, naturalizando su presencia en la vida cotidiana y escondiendo los impactos de la extracción a los ojos del escrutinio público. Los estudios de la energía desde las humanidades (Szeman & Boyer, 2017), argumentan que infraestructuras, tales como tuberías, han colaborado en mantener invisible la presencia omnipresente de la producción del petróleo en la vida contemporánea.

No obstante, por ejemplo en la cordillera de los Andes y particularmente en el campo de géiseres *el Tatio*, los proyectos de exploración geotérmica y sus ruinas forman parte del paisaje. En este sentido, en lugar de ser infraestructuras invisibles *de fondo*, quienes viven junto a proyectos de infraestructura, experimentan también las consecuencias de su abandono (Hetherington & Campbell, 2014; Velho & Ureta, 2019).

En la actualidad, el carácter invisible de las infraestructuras ha sido discutida desde la literatura en antropología. Según Larkin (2013) la invisibilidad de las infraestructuras se ha vuelto una declaración obligatoria en los estudios que abordan el tema, a partir del trabajo pionero de Susan Leigh Star (1999). Para esta autora las infraestructuras son por definición invisibles y se vuelven visibles al colapsar. Pero a la luz del trabajo de Larkin (2013) hoy existe un llamado a no naturalizar el carácter invisible como ontología general: "La invisibilidad es ciertamente un aspecto de las infraestructuras, pero es sólo uno y es el extremo de una amplia gama de visibilidades, las que se van moviendo entremedio de lo invisible y grandes espectáculos"[5] (Larkin, 2013:336). Inspirado por el argumento de Larkin y lo que ocurre *entremedio*, busco analizar cómo la (in)visibilidad de la energía geotérmica se ha transformado a lo largo del tiempo, prestándole una particular atención a las experiencias en los sitios donde la energía geotérmica se manifiesta.

Este trabajo contribuye desde el caso de la energía geotérmica a los estudios sociales de la energía (Strauss, Rupp & Love, 2013; Smith & High, 2017) y

5 Traducción propia del inglés al español.

la adopción de este enfoque para estudiar el caso chileno (Tironi & Barandarián, 2014; Schaeffer & Smits, 2015; Ariztía, Boso, & Tironi, 2017; Blanco, 2019), describiendo particularmente la exploración de nuevas fuentes de energía y el rol de la electricidad en las promesas de futuro. El argumento se situa junto al creciente interés por estudiar los imaginarios sociotécnicos de la electricidad en América latina (Purcell, 2018; Montaño, 2021; Zacarías, 2021).

En la actualidad, existe un interés en los estudios sociales de la energía por describir cómo las entidades que la componen a menudo no pueden o no quieren comportarse de la manera esperada (Ureta, 2017; Baigorrotegui, 2019). A partir del interés de esta literatura en explorar etnográficamente las características, capacidades y los procesos específicos mediante los cuales nuevos recursos energético son creados (Richardson & Weszkalnys, 2014), este trabajo ofrece una descripción de las promesas y los futuros de la energía geotérmica.

Futuros geotérmicos

La energía geotérmica ha sido una promesa de futuro en discursos científicos y políticos. En el contexto actual de crisis climática, la reactivación de sus promesas ha guardado relación con la necesidad pública de tener más y mejores conocimientos sobre estos potenciales recursos energéticos. Al explorar y medir su potencial se busca producir sus futuros mediante la generación de evidencia científica. Al tomar medidas, científicos e ingenieros van creando evidencia sobre recursos potenciales que el Estado puede utilizar, incentivando su uso. Pero esta interacción entre proyectos científicos y Estado, no se da de una manera natural y fluida. Que un centro de estudios produzca evidencia no quiere decir que ese conocimiento será necesariamente utilizado. Para esto se necesita un proceso de *interesamiento* siguiendo la noción de Michel Callon (1984), para generar alianza entre intereses científicos, económicos y políticos.

El CEGA en su formación y financiamiento, representa una alianza entre discursos políticos, imaginarios estatales e intereses científicos. Es un centro destinado a la investigación científica en un área definida como prioritaria por el Estado. Pero el carácter de prioritario no es fijo, estable o predeterminado. La evidencia, debe ser acompañada de un continuo proceso de convencimiento para captar el interés político y social para influir en el diseño de políticas públicas.

Una tradición que ha estudiado el rol de la ciencia en la producción de futuros, han sido los estudios acuñados bajo el concepto de *imaginarios sociotécnicos*

definido por Sheila Jasanoff y Sang-Hyun Kim (2009). Utilizando como caso de estudio la regulación y desarrollo de la energía nuclear, los autores analizan el poder político de los imaginarios en la posición de los Estados frente a la ciencia y tecnología. Los *imaginarios sociotécnicos* son formas de orden y vida social imaginados colectivamente, que se reflejan en el diseño y la realización de proyectos nacionales científicos y/o tecnológicos (Jasanoff & Kim, 2009). Bajo esta definición, los imaginarios sociotécnicos van definiendo los futuros a ser alcanzados. Estos estudios tienen un foco en discursos y visiones políticas con la capacidad de influir en los diseños tecnológicos. En otras palabras, lo que argumentan es que la tecnología y sus futuros no se explican por sí mismos, sino que se encuentran insertos dentro de complejas configuraciones sociales, políticas y materiales.

Las infraestructuras mencionadas en el apartado anterior, participan también de manera activa en la producción de futuros, colaborando para que estos sean realizados. En esta línea, los estudios antropológicos sobre infraestructuras han destacado las promesas de futuro que poseen los proyectos energéticos (Anand, Gupta & Appel, 2018). Estos estudios se caracterizan por prestarle atención a las infraestructuras como formaciones sociales, materiales y estéticas que producen una expectativa de futuro.

Actualmente en antropología, existe un creciente interés por enfocarse en las prácticas de futuro desde una perspectiva etnográfica (Salazar, Pink, Irving, & Sjöberg, 2017; Watts, 2018; Bryant & Knight, 2019). Desde esta aproximación se busca comprender cómo los futuros son producidos mediante prácticas concretas. Estos trabajos comparten el interés por analizar la *performatividad* de los futuros en el presente (Oomen, 2021). El futuro de las tecnologías antes que ser una posibilidad distante proyectada hacia una dimensión desconocida, se produce en territorios específicos y a menudo mediante prácticas mundanas (Adam & Groves, 2007). Entre los trabajos etnográficos enfocados en energía, hoy existe un interés particular por la producción de *energy futures*[6]. Para Laura Watts (2018), situar los futuros permite seguir sus políticas particulares y localizar las entidades y tecnologías que participan en su creación desde el presente. Al tomar este enfoque, también es posible apreciar como la reflexión sobre los futuros no se encuentra restringida exclusivamente a las disciplinas vinculadas al desarrollo de tecnologías, sino también a las historias de los contextos en los que buscan ser situados.

---

6 *Futuros energéticos*, traducción propia del inglés al español.

A esta tradición dentro de los estudios de futuros este trabajo busca contribuir indagando en las promesas de la energía geotérmica. El subsuelo ha sido un espacio de excelencia donde se proyectan e imaginan potenciales futuros tecnológicos. Una de las tareas que este libro busca abordar es la manera en que los límites entre lo visible e invisible se van desplazando en el intento por narrar, producir y materializar los futuros geotérmicos de sistemas subterráneos.

La (in)visibilidad geotérmica y sus relatos en cinco capítulos

El relato de este libro ilustra cómo los imaginarios de la electricidad han afectado los debates sobre la búsqueda por fuentes más sustentables de energía. Planteando preguntas tales cómo: ¿Qué papel juega la (in)visibilidad de la energía geotérmica? ¿cómo se describe la invisibilidad de esta energía y mediante que registros? Este relato busca descentrar la mirada hacia las trayectorias del calor, describiendo las historias de la energía geotérmica a través de las experiencias explorando los sistemas geotermales mediante rocas, vapor, agua subterránea y termas en sitios donde esta energía se manifiesta.

Este relato comienza en el capítulo 1 con la descripción de una expedición geológica en la falla Liquiñe-Ofqui, explorando evidencias sobre el subsuelo en la superficie. Específicamente, la medición de rocas fracturadas. El capítulo describe cómo desde una perspectiva geológica la evidencia geotérmica es producida por un grupo científico. Relatando prácticas de medición, el capítulo ilustra cómo para cultivar una mirada geotérmica, el calor descentra el tradicional foco profesional de geólogos y geólogas desde las rocas hacia las trayectorias del agua termal y su temperatura. En este capítulo discuto sobre la relación entre las evidencia geológicas en terreno y su relación con las promesas de la energía geotérmica.

Ampliando el relato hacia registros históricos de exploraciones geotérmicas mediante perforaciones directas en la cordillera de Los Andes, el capítulo 2 se centra en el vapor. Cambiando el contexto geográfico y el foco de atención, el capítulo muestra como los sistemas geotérmicos comenzaron a ser estudiados durante las primeras décadas del siglo XX por medio del vapor de los géiseres del Tatio en el Desierto de Atacama. El capítulo describe como las promesas de electricidad no se ajustan a la naturaleza intermitente del vapor. Siguiendo los registros fotográficos en reportes de exploraciones geológicas, el vapor se transforma en un objeto científico. Buscando conocer las perspectivas loca-

les en las exploraciones geotérmicas, el capítulo 2 se centra en la experiencia de trabajadores de las comunidades atacameñas teniendo que lidiar durante sus trabajos con el vapor durante la realización de perforaciones. Por medio de estrategias para trabajar con el vapor y desplazarse en este sitio, es posible notar como sus historias, conocimientos del lugar y experiencias de pastoreo son utilizadas frente al riesgo de ser quemados por el agua hirviendo. Este capítulo ilustra como el comportamiento del vapor a desestabilizado las promesas de futuros de la energía geotérmica como fuente de electricidad en este sitio.

Deteniéndose en la materialidad de las infraestructuras de exploración geotérmica, específicamente restos de pozos y maquinarias, el capítulo 3 se enfoca la (in)visibilidad del agua subterránea en este sitio. Realizando un recorrido por las trayectorias geológicas del agua subterránea y la precipitación mineral, se ilustran los procesos que han afectado el decaimiento de pozos abandonados por exploraciones geotérmicas. Procesos que han tenido un rol activo también en la resistencia a proyectos de energía, desestabilizando los futuros geotérmicos de este lugar y volviendo visible las controversias sobre el agua subterránea. Este capítulo también aborda como este conflicto se relaciona con la inauguración de la primera planta geotérmica en Sudamérica, sus promesas de futuro y el rol de los imaginarios de la energía eléctrica.

Luego de realizar un recorrido histórico y político sobre las promesas de electricidad de la energía geotérmica en el norte de Chile en los dos capítulos anteriores, el capítulo 4 describe la transformación de las promesas de la energía geotérmica y las formas asociadas de exploración geológica en el sur de Chile. Específicamente, la transición desde las tecnologías de perforación en el norte de Chile, hacia la inauguración de proyectos geotérmicos de uso directo en el sur. Este capítulo se enfoca en un contexto donde el diseño de las infraestructuras geotérmicas no es guiado por las promesas de la electricidad. Sin embargo, comenzando con la inauguración de un proyecto de uso directo y las promesas de la energía geotérmica en este contexto, analizo la continuidad de los imaginarios de la electricidad. En segundo lugar, el capítulo explora las dificultades de acceso para los estudios geológicos en los bosques del sur de Chile y como esto vuelve invisible la evidencia del subsuelo.

Finalmente, el último capítulo se centra en las aguas termales del Valle de Liquiñe. Enfocandose en el lugar de la terma, estas manifestaciones descentran la mirada hacia otros dominios de lo sensible. En primer lugar, el capítulo sigue las experiencias de quienes viven y trabajan con estas fuentes termales. Ilustro cómo las trayectorias del agua y su calor se experimentan en la superficie. En segundo lugar, muestro cómo guías locales, para encontrar nue-

vas fuentes termales, utilizan sentidos tales como el olfato e incluso el oído. Tras explorar imaginarios locales sobre la invisibilidad de las fuentes termas, el capítulo concluye ilustrando como el hecho que las manifestaciones del calor no sean siempre visibles no cierra la posibilidad de su irrupción potencial.

Siguiendo la producción de evidencia geotérmica cuidadosamente, sus transformaciones en el tiempo desde una perspectiva etnográfica, este trabajo analiza la relación entre los fenómenos geotérmicos y sus promesas como energía eléctrica. Si bien la imaginación de sus futuros y la instalación de infraestructuras de exploración para materializar estas promesas se han inspirado en manifestaciones geotérmicas en la superficie, al mismo tiempo, sus dinámicas subterráneas son inciertas y difíciles de controlar. Durante este relato, describo cómo la misma materialidad de los fenómenos geotérmicos han afectado sus promesas como energía eléctrica. Sin embargo, los imaginarios de la electricidad siguen influenciando las formas predominantes en las que se busca promover su futuro. El recorrido de este libro narra como los fenómenos geotérmicos descentran la mirada hacia trayectorias del calor, describiendo historias de energía a partir de las interacciones entre humanos, rocas, vapor y agua termal. Finalmente, concluyo con una reflexión sobre como las experiencias de terreno en los sitios donde esta energía se manifiesta y los problemas asociados a la descripción son un espacio común para interrogantes antropológicas y geológicas. Una perspectiva que buscan inspirar nuevos debates en la búsqueda de nuevas fuentes de energía, desde las formas de atención que enseñan los recorridos del calor.

1. Rocas

"Esta es la roca de Hervé. Por ahí va la falla de Liquiñe-Ofqui", me enseña Juan[1], geólogo miembro del grupo con quiénes me encuentro recorriendo un camino de ripio por el valle de Liquiñe. Detenemos la camioneta, nos bajamos y caminamos hacia la roca con martillos y lupas geológicas. Me cuenta que en la roca de este lugar, durante la década de los 70, el reconocido geólogo Francisco Hervé, junto a otros investigadores definieron y bautizaron la falla geológica activa más grande de América del Sur (Hervé, Fuenzalida, Araya, Solano, 1979). Esta falla geológica es una fractura que expresa la fricción de los bordes de dos placas tectónicas: la placa de Nazca y la placa Continental de América del Sur. Esta fractura se encuentra a lo largo de 1200 km, siendo la estructura que explica el surgimiento de la cordillera y la actividad volcánica de la zona sur de los Andes.

La manera espontánea con que Juan interactúa con estas rocas es sacando su lupa y observando la textura de uno de los fragmentos que se desprendió de la ladera. Estas rocas, me cuenta, son un *afloramiento* de la falla. Las texturas de estos granitos fallados expresan un proceso de exhumación[2] de rocas que han aflorado desde 10 kilómetros de profundidad. La roca, desde su mirada, revela un proceso de deformación subterránea de placas tectónicas a una

1 Para efectos de privacidad se anonimizó a los participantes con quienes se trabajó en terreno cambiando sus nombres. Sin embargo, para el caso de tres geólogos se mantiene su nombre. Específicamente Francisco Hervé, Alfredo Lahsen y Diego Morata, por ser figuras públicas asociadas, en el primer caso, a definición de la falla Liquiñe-Ofqui (1979); en el segundo por su rol público en el desarrollo de la energía geotérmica y el programa de exploración del Tatio realizado por la Corporación del Fomento de la Producción (CORFO) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) entre 1968 y 1976; y finalmente Diego Morata, por su rol como directo y promotor de la energía geotérmica en Chile por medio de la creación del CEGA.

2 Como me explican, se trata del proceso mediante el cual las rocas afloran a la superficie.

escala continental; pero no sólo se manifiesta en la roca. La presencia de este proceso subterráneo se expresa también en el paisaje. Desde la cuesta en que nos encontramos, Juan me invita a mirar hacia el otro lado del camino: "Esa es la falla. Esa quebrada que esta ahí (entre los cerros altos)".



Figura 2: La mano del geólogo Juan apuntandoa una evidencia en el paisaje de la falla Liquiñe-Ofqui; Elaboración propia.

Juan me cuenta que en este escenario se expresa la zona de deformación del encuentro entre las placas tectónicas. Siguiendo el movimiento del río en la dirección que el dedo apunta en la foto, entre la forma del río se curva con una orientación norte-sur. La configuración entre los cerros, y la orientación que siguen, es evidencia de la falla a escala del paisaje (figura 2).

El estudio de estas rocas en el borde del camino permitió definir y bautizar esta falla geológica. Sin embargo, hoy no es la única evidencia que a este grupo les interesa seguir. En este mismo sector, se encuentran analizando la composición del agua termal de las surgencias que afloran desde las mismas rocas de la falla. Estas observaciones se enmarcan dentro de una agenda de investigación sobre el sistema geotermal asociado a esta falla geológica. Visitando aquel punto, se ve brotar el agua caliente desde la fractura de las rocas (figura 3). En el movimiento de una pequeña alga en la surgencia y las burbújas que emanan, Juan me muestra evidencia del agua caliente surgiendo a la superficie. Frente al agua saliendo desde la roca, Juan me enseña: "Esto es la geotermia".

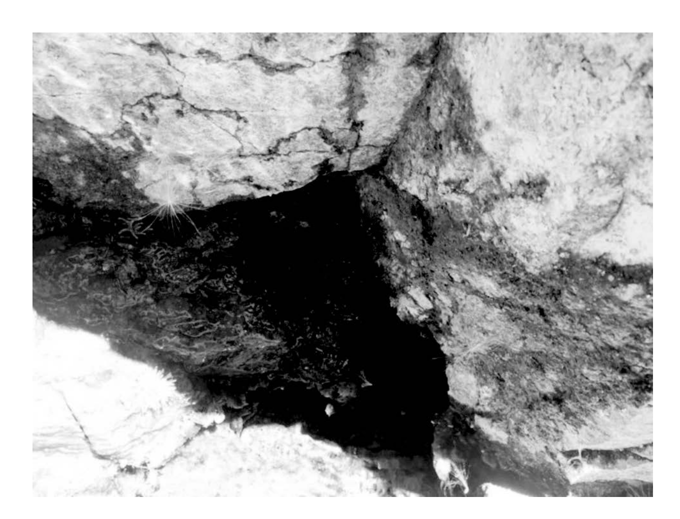


Figura 3: Surgencia de agua termal desde las rocas fracturadas de la falla Liquiñe-Ofqui; Elaboración propia.

En este capítulo quiero relatar mi experiencia acompañando una exploración geológica por este sistema geotermal de los Andes chilenos. Siguiendo la textura de las rocas y sus fracturas, este grupo estudia los comportamientos subterráneos de las placas tectónicas. Deteniéndose en las rocas, también buscan seguir la ciculación del agua caliente por las rocas fracturadas. La capacidad que tiene el agua para desplazarse a través de las fracturas de rocas. Lo que quiero retratar a lo largo de este capítulo es como se entrena una mirada geotérmica desde un punto de vista geológico.

En los últimos años el interés en los sistemas geotérmicos ha implicado una transformación en la producción de conocimiento geológico. Pero esta nueva mirada no es fruto exclusivamente de la observación natural del paisaje. Es una transformación que se ha dado bajo la demanda por encontrar nuevas fuentes renovables de energía ante la actual demanda global por transformar la producción de energía basada en combustibles fósiles. Desde la perspectiva de las ciencias de la tierra, al mismo tiempo que se estudian efectos del cambio climático, se han desarrollado nuevas agendas de investigación sobre potenciales alternativas para la producción de energía.

El CEGA representa una de las propuestas desde el departamento de geología de la Universidad de Chile a este desafío, buscando producir evidencias

sobre los sistemas geotérmicos de la cordillera de los Andes y desarrollar formación profesional. El año 2011, bajo el contexto de la fundación del CEGA, en una publicación científica sobre el estado actual de las exploraciones geotérmicas en Chile se describe el rol del nuevo centro y su misión institucional cómo: "Proporcionar la base científica para modelar los reservorios geotérmicos en Chile y el resto de los países andinos, con el fin de desarrollar la energía geotérmica como una alternativa sustentable, respetuosa con el medio ambiente y una alternativa económicamente competitiva para los requerimientos de energía de Chile y América Latina"[3] (Sanchez et al., 2011:1218). Entre sus objetivos se busca identificar y evaluar tecnologías nuevas y emergentes para la exploración geotérmica, destacando el interés por estudiar las interacciones calor-agua-roca. Acompañando el trabajo en terreno de investigación en esta área, busqué observar cómo sus formas de exploración han sido influenciadas, y a su vez, se relacionan a las promesas de la energía geotérmica en Chile.

Describiendo las formas de entrenar una mirada geológica, el primer y segundo apartado de este capítulo se focaliza en las escalas del fenómeno geotérmico bajo estudio y los desafíos asociados. A continuación describo como se produce desde una perspectiva profesional una mirada geotérmica. Finalmente, el capítulo cierra con una perspectiva histórica sobre el interés por la energía geotérmica en esta área de estudio y la investigación geológica del calor subterráneo.

1.1 Rocas, texturas y las trayectorias del calor en una falla geológica

El concepto de *textura* es fundamental en geología. Para esta disciplina, la textura se define como la apariencia física y la suma de características de una roca. Se trata de como la roca se ve. Como Juan me enseña, la textura es un concepto asociado a la estética visual: "Cuando tu ves una imagen, cualquiera, las imágenes tienen textura. Lo mismo con una roca (…) Es la suma, es la luz del sol, la temperatura, justo como la viste en ese ángulo". Juan es estudiante de doctorado y en esta campaña de terreno está tomando datos para su tesis. Personalmente, las rocas y sus fracturas lo fascinan, provocándole un especial sentido de curiosidad. Bajo mi interés por estudiar como la evidencia se produce, me sorprende la importancia que para él tiene la estética de las rocas en la toma

3 Traducción propia del inglés al español.

de datos. Desde los primeros días, noto que nuestro interés común significa una oportunidad para aprender y profundizar en como se cultiva una mirada geotérmica.

Recorriendo los caminos de este valle en una camioneta roja, observo que el primer paso es aprender el lenguaje de las texturas para poder describir lo que se ve en las rocas. Aprender a interpretar las texturas en este caso permite desarrollar lo que se considera como una *visión profesional* (Goodwin, 1994) en geología. La observación geológica se desarrolla mirando su textura como primera aproximación. Si bien la falla se intuye al nivel del paisaje, la manera geológica de identificar su presencia es por medio de las rocas fracturadas, y las historias de su textura. La textura de estas rocas es evidencia de la falla y permite observarla visualmente. Este grupo describen e interactúan con las rocas en el trabajo en terreno por medio de las texturas.





Figura 4: Estudio de las texturas de las rocas fracturadas a la orilla del camino; Elaboración propia.

Sumarme a una exploración geológica significó recorrer el valle buscando rocas. Ellos saben cuáles son los sitios donde se puede ver las rocas fracturadas. Principalmente por experiencias de investigación anteriores. El ejercicio es siempre el mismo. Avanzar por el camino, detenerse, bajarse y comenzar a medir.

Esta es su tarea. El trabajo en terreno consiste en seguir texturas específicas y traducir la observación en datos. Su foco se encuentra en una de las ca-

racterísticas de la composición de una textura: el fracturamiento. El interés científico de este grupo es encontrar rasgos del movimiento de las rocas al deformarse. Desde el comienzo de la expedición, me llama la atención el uso de las manos para explicar la orientación de las fracturas.

La pregunta principal que se hacen frente a la roca es la dirección del movimiento al deformarse. Esto se puede observar en los movimientos que sugieren los minerales de la textura. Es una historia de fracturas que se busca recomponer. Esta imagen (figura 5) ilustra este ejercicio al señalar con las manos la parte que falta. El subsuelo se estudia a través de estos mismos principios. Tal como me lo explica Pedro, otro de los geólogos del grupo: “Imagínate que tú tienes esta roca. Depende del espacio que falta para que sea un cristal. Si eres capaz de determinar hacia donde creció ese cristal, sé hacia donde se movió el bloque que falta”. La imaginación y el tiempo geológico emerge intentando recomponer lo que pasó, las trayectorias de las rocas y sus movimientos.



Figura 5: El uso de manos para explicar la fractura de las rocas y sus movimientos en el tiempo geológico; Elaboración propia (2018).

Pero la visión no es el único sentido utilizado. Pedro me explica que el tacto sirve como primera aproximación cuando las superficies son planas. "Los viejos en la minería para sacar el sentido del movimiento le pasan la mano. Y dicen que el lado que es más suave es el lado hacia donde se mueve".

El uso de extremidades sensibles al tacto se utiliza continuamente. La lengua para distinguir tipos de minerales o las uñas para conocer propiedades como la dureza de la roca, ayudan a identificar el tipo de mineral. El cuerpo es un instrumento fundamental en el terreno para entender la geología. Al estar frente a la roca, la manera espontánea de interactuar con ella es por medio de las lupas geológicas. Tomando un fragmento se observa su textura, identificando la roca a través de la composición de sus minerales.

Mientras Juan observa con una actitud contemplativa las texturas de las rocas, con la lupa geológica, el sonido del martillo de sus colegas irrumpe la escena. La actitud de Pedro al golpear la roca es ruda. Él tiene experiencia trabajando en exploración minera en el norte de Chile. El uso del martillo también es una manera espontánea de interactuar en geología con las rocas en terreno para observarlas y tomar muestras. Este gesto ilustra como el desarrollo de la geología y sus observaciones científica, ha ido de la mano junto a la minería. Como señalé en la introducción, desde una perspectiva histórica y global, el desarrollo de la geología como disciplina se encuentra vinculado a las transformaciones en la superficie de la tierra a partir del siglo XIX. Específicamente, a los procesos de industrialización y la expansión de una red de infraestructuras para la extracción de recursos. Vínculo que se refleja en las palabras de Benjamin Silliman, fundador de American Journal of Science en 1818, citadas por el historiador de la ciencia Martin Meiske: "Como consecuencia de la intersección de los estratos, por carreteras, canales y el curso de los ríos, o por la erosión de los océanos, o la directa perforación de los pozos de las minas, se ofrece oportunidades de leer el interior de la estructura del globo"[4] (Silliman citado por Meiske 2021:73).

Volviendo a las texturas, al observarlas este grupo no sólo están siguiendo las historias de las rocas. Las fracturas de la roca permiten elaborar posibles hipótesis sobre las trayectorias y desplazamiento del agua termal, y por lo tanto, el comportamiento de este sistema geotermal. Como Pedro, dice:

> Imagínate una roca como esta. Imagínate que la roca que está arriba (otra roca) cuando esta se mete, la fractura entera, la quiebra. Entonces las aguas

4 Traducción propia del inglés al español.

> de lluvia, las aguas de los lagos, de los ríos, las aguas superficiales, bajan por la fractura, por la falla de Liquiñe-Ofqui que es una gran fractura al final. Se calientan en las rocas que están abajo, que todavía están calientes (...) Y esa agua se calienta y como está más caliente sube nuevamente por las fracturas de Liquiñe Ofqui. Y tení las manifestaciones termales.

El interés de estudio se focaliza principalmente en cómo la fractura de la falla y los tipos de deformación de la roca favorecen el ascenso del agua. Pero la fractura de las rocas no es la única manera de estudiar las trayectorias del agua. Desde la superficie, las mismas aguas termales poseen características que permiten recomponer su viaje, prestándole atención a una de las características fundamentales de la geotermia: la temperatura del agua. La variación de la temperatura en las surgencias termales refleja características del subsuelo.

En estos sitios de estudio donde el agua termal surge desde las rocas de la falla (figura 3), lo que llama la atención desde un punto de vista científico es la diferencia entre las temperaturas de las surgencias. En el desafío por entender la variabilidad de las temperaturas, estas también sugieren diferencias en el recorrido del agua hacia la superficie. La variación de la temperatura entre surgencias de agua termal es un problema de interés que cautiva la atención del grupo y produce nuevas incógnitas: ¿No deberían tener las diferentes surgencias las mismas temperaturas si están espacialmente tan cerca? ¿el agua no ha realizado un recorrido similar? ¿por qué varía tanto su temperatura? ¿cuál es la influencia que tiene la lluvia? La variación de la temperatura de las surgencias sugiere la existencia de un sistema dinámico e incógnitas sobre las características del subsuelo.

Frente a la escala del paisaje desde este sitio, mirando el río que va por abajo del valle, Ana, geóloga con una trayectoria extendida de investigación en geología me dice: "Mira el rio. ¿Qué te dice el hecho que acá están las surgencias y el río para allá abajo? El agua fría esta en el río. Pero no es que el río recargue el acuífero. Acá hay agua contenida". Esta observación me presenta una nueva incógnita. Las surgencias termales y el río que va por el valle, hasta ese momento, los entendía como dos planos separados. Con la pregunta de Ana veo el cerro como un contenedor de agua. La temperatura del agua se pone en relación con las gradientes de altura del cerro y la recarga de aguas desde la superficie. Un aspecto que me hace ver Ana es que las cotas de altura de las surgencias son de suma importancia: "las temperaturas de las termas de abajo son más alta que

las de arriba! Eso quizás nos indica que el agua viene de abajo y que lentamente sube".

Desde las trayectorias profesionales, estudiar el calor del agua significó una transformación para miembros de este grupo, quienes por lo general se formaron observando rocas, objeto de estudio tradicional en geología. Por medio de las posibilidades que abre el ascenso mediado por el calor, rocas y aguas se ponen en relación. Las trayectorias invisibles del agua caliente se pueden volver visibles.

Pero el cultivo de una mirada geotérmica también significa un problema de escala. Este problema es un desafío con el que se tiene que aprender a vivir en terreno. Carlos, quien al igual que Ana posee una larga trayectoria en geología, me explica recordando su paso desde la geología a la geotermia: "Para mí al empezar con el tema de la geotermia, el gran desafío fue meterme otra escala de tiempo en la cabeza. Estas surgencias son una anécdota en el tiempo geológico. Cambia la naturaleza de las preguntas". Esta observación me permite entender que la geotermia tiene una escala diferente a la geológica. "Tuve que aprender a cambiar la mirada en la escala de la geología", me cuenta. Según lo que aprendo de su experiencia, en la historia de formación glaciar de estos valles o la cordillera, estas surgencias comparativamente tienen una escala de tiempo geológico pequeñísima. Cultivar una mirada geotérmica en geología implica también enfrentar el desafío de las escalas del fenómeno que se observa.

1.2 El problema de las escalas en geología

Para que una observación geológica se transforme en una evidencia es necesario enfrentar el problema de las escalas que menciona Carlos en el apartado anterior. Este es uno de los principales desafíos con el que la geología tiene que lidiar en el terreno. En las expediciones aprendí las diversas formas de enfrentar este desafío. La siguiente sección ilustra como la escala no es sólo un problema de medida sino también uno de experiencia: el uso del cuerpo en la experiencia de medición geológica.

En geología para que un rasgo del paisaje sea transformado en una evidencia se necesita trabajar con supuestos, como Carlos ejemplifica con una roca en la mano. La roca, en esta imagen (figura 6), se encuentra a la escala de una mano humana. Para poder estudiar la geología es necesario que la roca—o los afloramientos de roca en la ladera del camino—representen al cerro. Esto es un

supuesto desde el que hay que partir para poder trabajar. Si no, me explica Carlos, “te puedes volver loco” teniendo que buscar todas y cada una de las rocas del cerro. El desafío de las escalas está dado en la capacidad de representar lo que se quiere estudiar. Se trata de una mirada que se enseña a los estudiantes al comenzar con la disciplina, quienes tienen que aprender a entrenarse con estos desafíos (Kastens et al., 2009). El mejor lugar para comenzar es partir por observar rocas en terreno, me enseñan.



Figura 6: Una roca a la escalade la mano humana; Elaboración propia (2018).

Se trata de un desafío respecto a las escalas en el espacio. El terreno—y las superficies disponibles—presentan dificultades espaciales para la observación. No se puede llegar a todos los lugares en la superficie. Esto también implica un desafío temporal. Es necesario pensar el paisaje desde una escala geológica. Se trata de una escala de tiempo que excede la experiencia huma-

na. El encuentro con esa escala abismante de tiempo que desestabiliza la experiencia es una de las ideas fundantes de esta disciplina bajo el concepto de *tiempo profundo* (Hutton, 1788). Al producir conocimientos geológicos se tiene que aprender a interactuar con este desafío. Es necesario entrenar las categorías temporales para poder trabajar en terreno y estudiar fenómenos geológicos.



Figura 7: Mapa geológico de la zona de estudio y la traza de la falla elaborado por el grupo; Elaboración propia (2019).

Para identificar los afloramientos de una falla geológica diversas formas de representación visual son utilizadas. El primer elemento para orientarse en el espacio en una exploración geológica es el uso de mapas (figura 7). Se trata de una manera de representar visualmente los afloramientos de rocas en la superficie. Las diferentes edades geológicas se representan en zonas de colores.

Por medio de una línea negra se dibuja el recorrido espacial por donde la falla geológica se expresa en el paisaje.

Con este grupo aprendo que *la traza de la falla*[5] va en el contacto entre las zonas de colores. Es decir, entre diferentes edades geológicas. En el lugar en el que comencé este capítulo (figura 2), la línea imaginaria que Juan ve el en paisaje—por donde me cuenta que va la traza de la falla—queda en este mapa representado como una línea. Los mapas se elaboran de acuerdo a la información disponible de SERNAGEOMIN, a lo que se va sumando nueva información levantada en terreno. El mapa guía esta exploración. Es una herramienta fundamental para orientarse en el espacio y el tiempo geológico; pero no la única.

Al llegar a un sitio de estudio, luego de mirar el mapa, se necesita determinar la textura de las rocas, realizando un esquema en la libreta geológica para situar en el espacio las fracturas. Se realiza un registro que posiciona en el espacio las rocas que serán observadas. El dibujo permite resaltar rasgos de la roca que se observan durante las primeras impresiones del lugar y que luego no se alcanzan a notar en las fotografías. Es una forma de registrar la experiencia de observación frente a las rocas y guiar la atención para cuando las fracturas sean analizadas posteriormente.





Figura 8: Esquema del sitio de estudio, siendo dibujado en la libreta de terreno; Elaboración propia (2018).

Hacer el esquema del sitio es un ejercicio que permite saber la posición de las rocas dentro del contexto de estudio. Es una presentación del escenario que

5 El concepto de traza es utilizado en geología para referirse a la expresión material de una falla geológica en la superficie de la tierra.

se observa, la que queda registrada en la libreta mediante dibujos. En la libreta se va acumulando el conocimiento del sitio. Es una acción que pone a la observación en el centro.

También los sitios de estudio son registrados mediante fotografías, cuando una de las rocas señala un rasgo interesante. El registro debe ser acompañado de lo que se denomina una *escala*. Una de mis primeras tareas en las salidas a terreno fue tomar fotografías de las rocas. Lo central es nunca olvidar tener una escala, para que luego en el análisis sea posible dimensionar el tamaño en el espacio. La escala permite que el registro fotográfico sea una evidencia de la observación. La brújula, el martillo geológico o los lápices, son elementos que se tienen a la mano para *escalar* lo observado y tener una idea del tamaño.

Otra escala utilizada continuamente en terreno es el cuerpo humano. En geología se usa constantemente el cuerpo para producir escalas al fotografiar los sitios de estudio. Estrategias de representación que son parte de las tareas de terreno, donde se utilizan los elementos a disposición para hacer sentido de las dimensiones espaciales del fenómeno observado. Pero a la vez, la interpretación directa del paisaje es la base sobre la que se sostiene la producción de su conocimiento. El uso del cuerpo es una experiencia fundamental para observar la falla, pero también mediante estas estrategias de representación transformar, literalmente, una observación en evidencia (figura 9).




Figura 9: Fotografía de evidencia de rocas fracturadas. A la izquierda la brújula es utilizada como escala. A la derecha el cuerpo del geólogo como escala; Elaboración propia (2018).

Como parte de la experiencia en el espacio también las superficies del terreno plantean límites. En esta área, las rocas están cubiertas por el bosque, lo que impide la observación de muchas potenciales evidencias. El paisaje es un límite y la apertura de caminos una posibilidad para la observación. En terreno se tiene que aprender a lidiar con las oportunidades para volver visible las evidencias del subsuelo y también los desafíos asociados a la invisibilidad de los elementos que se quiere estudiar.

1.3 Las trayectorias del calor

Uno de los mecanismos fundamentales para volver visible lo invisible son las muestras que se toman en terreno. Las surgencias de agua termal son un laboratorio natural en la zona para el estudio de la geotermia. A través del análisis geoquímico de muestras de agua termal en la superficie es posible seguir sus trayectorias subterráneas. Por medio del agua, y el estudio de su geoquímica, se busca acceder a las condiciones del subsuelo. Como me cuenta José, otro geólogo del equipo y quien desde su experiencia universitaria se especializó en la geotermia:

> En la exploración por recursos geotermales, una muestra de agua es clave por que te puede dar las características termodinámicas en profundidad. Puede subir tan rápido que los minerales que ahí están disueltos, conservan las propiedades que están abajo, por lo tanto, podrías estimar las condiciones de temperatura en profundidad.

En este caso la materialidad de la evidencia es el agua y sus propiedades. Los minerales del agua permiten representar las condiciones del subsuelo. Estas observaciones permiten investigar un factor crucial en el estudio de la geotermia: el calor subterráneo.

El principio que siguen estos estudios es la relación entre elementos y la temperatura en el agua. Los elementos contenidos en el agua pueden ser utilizados como *geotermómetros indirectos*, ya que existen ciertas reacciones químicas que se producen en función de la temperatura. A través de los elementos en el agua se puede obtener información de la temperatura del subsuelo.

Al estudiar las surgencias y los contextos de producción de evidencia geotérmica, existe un dato relevante para este grupo. El agua brota desde las rocas fracturadas. Por medio de la textura de las rocas también se continúa estudiando la geotermia de la falla geológica en los laboratorios. La textura de la roca

cuenta historias de encuentros con el agua y su temperatura. Si bien, la textura intuitivamente como concepto se asocia al tacto, en el laboratorio se estudia a partir de imágenes que permiten volver visible la temperatura subterránea.



Figura 10: Surgencia de agua termal desde donde se extraen muestras de agua. En la imagen, el geólogo sumerge la mano para conocer la temperatura como primera aproximación a la surgencia; Elaboración propia (2019).

Luego del terreno, las rocas son trasladadas como muestras hacia los laboratorios de la universidad en Santiago. En estos espacios geólogos y geólogas vuelven luego del terreno. La figura 11 ilustra como las rocas recolectadas en terreno, ahora se encuentran junto a los escritorios para ser analizadas.

Visitando al grupo en el laboratorio luego del terreno, Juan toma una de las muestras y me provoca a adivinar de que lugar de donde proviene: "¿De dónde es esta?". Veo la forma, el color y vuelvo a pensar en los lugares que recorrimos. Respondo que me recuerda a las rocas de la cuesta donde Francisco Hervé definió la falla (figura 2). "Cerca, es de Charlin" me explica, enseñándome que la proximidad de mi observación se debe al hecho que ambos son granitos deformados asociados a la falla. La roca tiene una fractura, una línea que muestra el movimiento de la falla.





Figura 11: Muestras de rocas obtenidas en terreno, ahora en el laboratorio; Elaboración propia (2019).

La figura 11 muestra la roca ya cortada. Las rocas son reducidas a estas láminas. Es un proceso que se realiza para poder observar la roca bajo el microscopio. Cada lámina es evidencia de las texturas de rocas de los diferentes sitios de observación. El tamaño y la forma de la evidencia se transforma en el recorrido desde el terreno hasta el laboratorio. Quienes trabajan con ellas tienen perfectamente determinados los lugares que cada una de las muestras representa, por medio de una lista que vincula códigos y lugares.





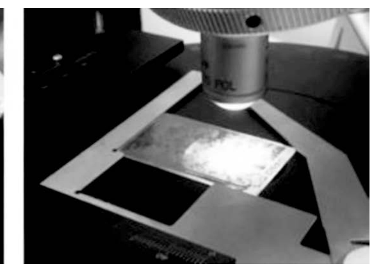


Figura 12: Fotografías de la trayectoria de una muestra de roca para el estudio de su textura. En las imágenes se puede apreciar el viaje de la roca desde la misma traza de la falla geológica en terreno, la cadena de reducción y finalmente la observación bajo la luz del microscopio; Elaboración propia (2019).

Juan me invita también a mirar por el microscopio. La lámina se pone bajo la luz, acerco mis ojos y enfoco. Por medio de esta fotografía entiendo con mayor claridad por qué Juan, al definir el concepto de textura, mencionó la relevancia de la luz y su estética. En el encuentro con la imagen de las texturas puedo acercarme un poco más a su curiosidad y relación con las rocas.

Al mirar la imagen, veo colores. Juan, en cambio, observa minerales y sus historias, como me cuenta: "Lo que se observa en el medio es un cristal de cuarzo. El Cristal está roto. Está fragmentado. Eso es evidencia de lo que estamos hablando. Las rocas no quedan estáticas. Después se deforman. Se fallan. Y la falla es lo que produce eso al nivel de los cristales". Esta imagen es evidencia de la falla, me enseña. Mirándola, Juan ve fracturas y minerales a una escala microscópica. Las evidencias que se observan permiten seguir no sólo las trayectorias de las rocas. "Estas condiciones a nosotros nos cuentan cosas, porque el cuarzo se rompe a cierta temperatura. No pasa a cualquier temperatura. Entonces, puedo estimar una temperatura a través de los minerales", me dice Juan. La temperatura del subsuelo se hace presente en las imágenes de las texturas que se estudian en el laboratorio. Al conocer las propiedades de los minerales, por medio de experimentos químicos, se puede conocer las temperaturas a la que los cristales se transformaron. Al saber las temperaturas y el gradiente térmico (la variación de la temperatura en la medida que se desciende por la corteza), la profundidad a la que la roca se deformó puede ser estimada.

En el laboratorio, mirando las texturas es una forma de recordar los lugares visitados durante el terreno. Señalando un mineral de color verde en la imagen, Juan me enseña una de las fracturas. "Esas son vetas de circulación hidrotermal, por ahí pasó agua caliente a más de 200 grados. Esa es la evidencia que queda", me cuenta. La historia que cuenta las imágenes que me muestra es que la roca se fracturó y al mismo tiempo circuló agua caliente en una dirección específica. La orientación de la fractura está asociada a la falla. A la escala de los microscopios, estamos observando como la falla se comporta y las trayectorias del agua.

Pero lo que se ve en la imagen no es lo único que se estudia. "¿Qué pasa si lo roto? ¿Le pasa algo a la imagen? ¿Qué ves?", me pregunta Juan. Al mirar los colores estos van cambiando. Lo que me explica, es que al rotar la imagen cambia la luz. La luz vibra de una manera diferentes al rotar la imagen. Normalmente la luz vibra en dos direcciones, pero al rotar la imagen se pone un polarizador que hace que la luz vibre en una sola dirección. Por medio de este ejercicio, se encuentra un patrón que se va repitiendo, "Una posición específica de los cristales, en la que la configuración de los átomos hace que no pase la

luz. Esto se llama *ángulo de extinción*. Es una propiedad que se mide para saber que minerales son".

En el laboratorio aprendo la relevancia de la luz para comprender la textura de las rocas. Al observar las texturas en el microscopio, me doy cuenta de las diferentes reacciones visuales. Pero más allá de la curiosidad que provoca su estética, destaco la conceptualización del *ángulo de extinción*. Los patrones de ausencia visual—es decir las características que no se ven—son descritas como propiedades de las texturas de los minerales. Juan me enseña como en geología se tiene que aprender a trabajar no sólo con lo que se puede observar, si no también con lo que no se ve, al igual que en el terreno cuando se estudia el subsuelo desde la superficie. Impedimentos también descritos por Andrea Ballestero (2019b) para el mapeo de acuíferos con tecnologías satelitales. Aquí en este laboratorio, aprendo que formas emergentes de invisibilidad descritas en las texturas son también parte de la composición de evidencia subterráneas.

Para Juan, también esta es una experiencia estética. Incluso se ha fabricado cuadros con estas imágenes. Me cuenta sobre la primera vez que vio estas texturas: "Me enamoré, no podía creer lo que lindo que son los minerales al microscópio, son impresionantes". Al ver estas imágenes supo que a este estudio se quería dedicar. Pero es un trabajo arduo y delicado. Hay que saber mirar y pasar mucho tiempo observando texturas, como me cuenta: "A veces, ya no quiero hablar con nadie. Sólo quiero mirar rocas". Su trabajo es ir identificando las texturas y los minerales. "Hay algunas propiedades que se ven en una luz y hay propiedades que se ven en la otra. Entonces lo que uno hace es describir las propiedades y si no sabí vas anotando. Y vas consultando tablas para consultar y ver que mineral es...Uno define que mineral es por los colores, por todas las propiedades. Por el ángulo de extinción. Es una suma", me dice.

Saliendo del laboratorio, noto que este es el cierre de mi viaje con este grupo siguiendo la evidencia geotérmica desde el terreno a la Universidad. En este lugar el análisis toma una trayectoria diferente. El encuentro, aprendizaje e interacción en terreno que experimentamos hizo que los límites entre geología y antropología por este período de tiempo se volvieran difusos. Posiblemente esto ocurrió ya que la experiencia de terreno nos permitió el espacio y tiempo para intercambiar perspectivas con calma y detención. Paradójicamente al volver al espacio de la universidad las barreras entre disciplinas vuelven a hacerse presente. Aquí nos despedimos y cada uno se devuelve hacia los institutos asociados a la disciplina correspondiente.

El objetivo de la producción de evidencia de esta exploración es principalmente la producción de conocimiento científico, y por lo tanto, realizar publi-

caciones académicas. El viaje descrito transita desde las rocas y las surgencias de agua termal hacia *papers* científicos. Durante el trabajo de descripción de la producción de evidencia geotérmica, una de mis orientaciones fue seguir como la geotermia se vuelve visible en los lugares recorridos. Durante esta trayectoria intenté pausar la pregunta por la geotermia a una escala nacional o su promesa como fuente de electricidad. Para mi sorpresa no surgió de manera espontánea.

A Juan la pregunta por los futuros de la energía geotérmica no le produce mayor inquietud. A una escala nacional para la producción de electricidad él cree que el futuro es la energía solar. Por otro lado, José me cuenta que se formó con la esperanza durante su formación universitaria que la energía geotérmica se consolidaría como solución sustentable para la producción de electricidad a una escala nacional. Su esperanza de a poco fue desapareciendo con el surgimiento de la energía solar, sumando a la explicación la falta de apoyo estatal en las etapas iniciales de exploración. Me doy cuenta de que al sumarme a esta expedición mi sesgo fue asumir que este grupo científico compartía la fe en las promesas de futuro de la geotermia. Luego de observar detenidamente con ellos la evidencia geotérmica del valle de Liquiñe, me doy cuenta de que este futuro se encuentra abierto. El fenómeno geotérmico que se expresa en este valle se estudia principalmente desde una perspectiva científica, pero también con un objetivo de formación profesional y educación en geociencias.

Pero también como señalé, para mi sorpresa, la producción de evidencia de un sistema geotermal no se relaciona necesariamente de manera directa con las promesas de la energía geotérmica como un futuro potencial para producir electricidad. La fe en los futuros de la energía geotérmica tampoco es compartida de manera homogénea por los miembros de esta exploración científica. Esto también varía entre los diversos grupos de investigación de la misma institución. Frente al avance de otras fuentes de energía y el rol comparativo de la geotermia dentro del *boom* de las energías renovables en Chile, estas diferencias cobran sentido, y reflejan un debate aún abierto. Las expectativas iniciales asociadas a este centro se han ido modificando y también los relatos asociados a su futuros. Quienes decidieron especializarse en estas temáticas han tenido que convivir con las preguntas y abrirse a reflexionar sobre las barreras asociadas a cómo la energía se organiza en Chile.

Mi experiencia con el grupo es principalmente una experiencia de educación en geociencias, aprendiendo a realizar trabajo de campo en geología y tener una perspectiva general sobre las preguntas e inquietudes que provoca la observación en terreno. Pero ¿qué futuros se busca producir con este tipo de

exploraciones? Con esta pregunta en mente busqué entender en mayor profundidad cómo las promesas de esta forma de energía se han transformado en el tiempo y desde qué tipos de lógicas sus futuros han sido imaginados. Caí en cuenta que necesitaba una perspectiva histórica más amplia, para entender también las transformaciones institucionales y narrativas dentro de las instituciones vínculadas a las geociencias que han buscado promover la geotermia en Chile. Una vez finalizada mi participación describiendo la producción de evidencia geotérmica en terreno, busqué tener una panorámica histórica más amplia sobre la geología en Chile, y el estudio de la geotermia. En la siguiente sección describo el paso que tomé, siguiendo las trayectorias de las rocas con las que comencé este capítulo.

1.4 Libretas de campo

Una vez finalizadas las exploraciones geológicas y luego de visitar el laboratorio, busqué saber más sobre cómo las texturas de las rocas de la falla geológica Liquiñe-Ofqui comenzaron a ser estudiadas. Quise continuar componiendo la evidencia abordando la dimensión histórica y las trayectorias de las rocas descritas al inicio de este capítulo; específicamente *la roca de Hervé*. Para esto me reuní en Santiago, la capital de Chile, con el mismo Francisco Hervé, el geólogo que definió y bautizó junto a su equipo esta falla (1979). En el barrio de Providencia, nos encontramos a conversar y tomar un café. Al preguntarle por sus libretas y su historia de investigación, me invitó a acompañarlo a revisarlas a su departamento. Ahí tuve la posibilidad de acceder junto a él a sus diarios de campo.

Mi inquietud por los diarios nace durante la experiencia junto a estas exploraciones geológicas. En terreno noté la centralidad de las libretas de campo como forma de registro, atención y producción de datos. En este espacio, la intimidad y detalles de la vida cotidiana de una exploración pueden quedar plasmados. En estas libretas y reportes de exploraciones es posible profundizar más en las experiencias de terreno, sus formas de registro e inscripción. Ellas son archivos de la evidencia y sus contextos de producción. Si bien la libreta y sus dibujos pueden ser considerados como un detalle dentro de los diferentes elementos de terreno, es también el artefacto por excelencia donde se inscriben datos que luegos son convertidos en evidencia. La libreta media entre el fenómeno geológico y la futura producción de conocimiento científico. Pero también, desde una mirada comparativa entre disciplinas, se trata de una práctica

de registro común. Al igual que en la antropología, en geología las libretas de terreno son la base de la producción de conocimiento.

Adentro del hogar de Francisco noto en la decoración un jarro de porcelana japonés. En este país y en Francia realizó sus estudios de doctorado. A la derecha, en la pared hay fotos de viajes por la Antártica, Japón, los Alpes y la Patagonia. Es una persona que ha viajado. Me hace sentir muy cómodo, es muy acogedor y está entusiasmado con mostrarme sus antiguas libretas a proposito de mi inquietud. Francisco me dice que me siente en la mesa del living y se va a la bodega a buscar los diarios. Luego de unos minutos vuelve con un bolso donde ha guardado todas sus libretas.



Figura 13: Francisco Hervé frente a sus libretas de terreno; Elaboración propia (2019).

"Estas son", me dice. Las pone sobre la mesa y las mira con calma. Su propia historia de investigación y sus experiencias de terreno están plasmadas en esta forma de registro. Estas libretas han sido sus compañeras. Las miro en su conjunto y es una vida de viajes. En las libretas hay datos, dibujos, esquemas, nombres e ideas. Los miro y veo lugares. Al observar una de las libretas veo un mapa pegado en la primera hoja.

> Cuando uno trabajaba en los botes siempre hacíamos mapitas en papel transparente para el trabajo que íbamos a hacer durante el día. Hoy día no po, todo se hace con google y GPS y se marcan en este material. En cambio antes se hacían todas las noches, nos instalábamos encima de los mapas a dibujarlos para después poner los lugares donde uno visitaba (…) Eso igual te puede dar un mejor entendimiento del lugar (…) Fíjate que al final es mejor. Es mejor porque es más fácil mirar. Así que todas las libretas antiguas tienen en general esos mapitas (Francisco Hervé, entrevista, Santiago, 24 de mayo 2019).

No sólo se trata de los lugares, la libretas también le permiten recordar las formas de desplazamiento durante las exploraciones geológicas. En su caso las experiencias en los botes. Al escuchar las historias de Francisco, me doy cuenta que los diarios le ayudan a recordar las experiencias en terreno. Nos trasladan a los dos a revivir esos momentos. Con los diarios en las manos, me hace una confesión:

> Cuando tu ves que un geólogo es muy destacado. Yo ya sé por qué es destacado. Porque es bueno para subir cerros. Casi no falla eso fíjate (…) Brüggen tiene que haber sido fantástico. Steffen tiene que haber sido fantástico.[6] Al final la gente que se destaca en esta cosa en buena parte, es porque son buenos pa caminar. (Francisco Hervé, entrevista, Santiago, 24 de mayo 2019).

Estos diarios, y la conversación con Francisco, me hace notar como la habilidad corporal se combina con la curiosidad. Estos diarios contienen descripciones de cosas vistas. Antes que estudiar estos diarios como una fuente aislada, revisarlos con él es una oportunidad para activar los recuerdos de las experiencias en terreno. Vamos revisando las propias huellas de sus exploraciones. Sus salidas a terreno en Japón, las flores que quedaron dentro de las libretas, dibujos y esquemas. La rocas, y su texturas, con las que empezaron a imaginar la existencia de la gran falla en Liquiñe.

Pero al revisar juntos las libretas noto que las exploraciones geológicas realizadas en la falla durante la década de los 70 no tenían un interés geotérmico. La mirada geotérmica aún no estaba presente. Para Francisco, el hecho que

---

6 Se trata de Juan Brüggen, geólogo alemán que llegó a Chile en 1911 fundador de la escuela de geología de la Universidad de Chile y quien realizó trabajo de campo en el Tatio en la década de los años 20 y 40. También menciona al geógrafo alemán Hans Steffen, conocido por sus exploraciones en la Patagonia a finales del XIX y ser el precursor de la Falla Liquiñe-Ofqui con sus observaciones de terreno (Hauser, 1991).

existan termas en el área de una falla es una asociación espacial bastante clásica, incluso obvia. La falla son conductos para que se de el movimiento de fluidos por la corteza. Me doy cuenta de que las termas para él no eran especialmente interesantes, tampoco para sus preguntas científicas. Sus análisis eran realizados principalmente desde botes por los canales de la Patagonia sin un especial interés por tomar muestras de agua termal. El agua y el calor no están presentes en las libretas. El foco de su atención siempre fueron las rocas, permaneciendo el fenómeno geotérmico invisible.

A lo largo de este capítulo, relatando experiencias actuales de exploración, es posible notar una transición desde una mirada geológica hacia una geotérmica. El foco exclusivo en las rocas se descentra. Las exploraciones geológicas de la década de los 70 se focalizaban principalmente en las rocas. Las exploraciones descritas en este capítulo son geotérmicas al poner las rocas en relación con el agua caliente. En las texturas de las rocas, es posible encontrar condiciones de temperaturas que permiten seguir el calor subterráneo. La presencia de la temperatura es fundamental, siendo visible en el estudio de las rocas en el laboratorio a la escala del microscopio. Siguiendo el calor, rocas y aguas se ponen en relación. Las trayectorias subterráneas invisibles del agua caliente se hacen visible en la textura de las rocas. Las propiedades químicas del agua caliente, que surgen en la superficie, son transformadas en geotermómetros indirectos del calor subterráneo.

Al participar en estas exploraciones aprendí en terreno que siguiendo las texturas de rocas en terreno se aprende a interactuar continuamente con aspectos invisibles del fenómeno, como las trayectorias subterráneas del calor, volviéndose parte de la experiencia de observación. Esto también significó un hallazgo a un nivel conceptual: el fenómeno geotérmico *desestabiliza la mirada*. Esto me invita a preguntarme: ¿qué otras trayectorias se hacen presente al prestarle atención al calor?

Durante la observación en terreno también noté que la observación geológica no es la única forma de realizar una exploración geotérmica, lo que me abrió una serie de nuevas incógnitas: ¿Cómo comenzaron a ser imaginados los futuros de la energía geotérmica como fuente de electricidad? Para esto se volvió necesario ampliar la perspectiva hacia otras formas de exploración geotérmica, yendo más allá de la investigación universitaria.

Con estas preguntas en mente quise averiguar más sobre la perforación directa, su historia y las políticas de estas tecnologías en las exploraciones geotérmicas en la cordillera de los Andes. Quise centrarme en las infraestructuras utilizadas para transformar el subsuelo en un recurso energético. Si bien es-

te capítulo describe la producción de conocimiento geológico, y por lo tanto la exploración indirecta del subsuelo, las tecnologías de exploración geotérmica históricamente se vinculan a la exploración directa del subsuelo mediante perforaciones, incorporando el uso de conocimientos de área como la ingeniería.

Las exploraciones geológicas descritas en este capítulo son parte del CEGA. Físicamente, el CEGA se encuentra alojado en el Departamento de Geología en el campus Beauchef de la Universidad de Chile. Hasta este lugar me dirigí para conocer en mayor profundidad la historia de la geotermia y las diversas formas de exploración. Aquí tuve la posibilidad de acceder a los archivos históricos recopilados por el CEGA y la biblioteca del Departamento de Geología. Estos archivos me entregaron pistas sobre la existencia de documentos que también consulté en el archivo del SERNAGEOMIN, La Biblioteca Nacional y la Biblioteca del Congreso Nacional. Que sea posible encontrar documentos de exploraciones geotérmicas, sobre todo en este último archivo, y en diferentes períodos históricos es evidencia de que la energía geotérmica, y su exploración, ha sido una promesa promovida como un potencial económico y político para el país sostenida en el tiempo.

Como ya mencioné en la introducción, mi primer hallazgo al enfrentarme a estos documentos fue saber que los registros históricos sobre geotermia se refieren principalmente a exploraciones realizadas en el norte de Chile durante el siglo XX. Las exploraciones geotérmicas en estas áreas fueron realizadas buscando fuentes de energías para las industrias mineras, mediante la perforación de pozos. La producción del conocimiento geotérmico se enmarca en un interés general por la extracción de minerales y la producción de energía eléctrica. La mayoría de los archivos contenidos en estas carpetas hablan de las expediciones en el Alto Loa, específicamente del campo de géiseres *el Tatio*. En el interior de este departamento de geología, y con estos documentos en mis manos, me di cuenta de que la única forma de seguir las huellas históricas de las exploraciones geotérmicas en la cordillera de los Andes era viajar hacia *el Tatio*. Lo que encontré en estos documentos, y en mi visita a este lugar, son el eje del relato del capítulo a continuación.

2. Vapor

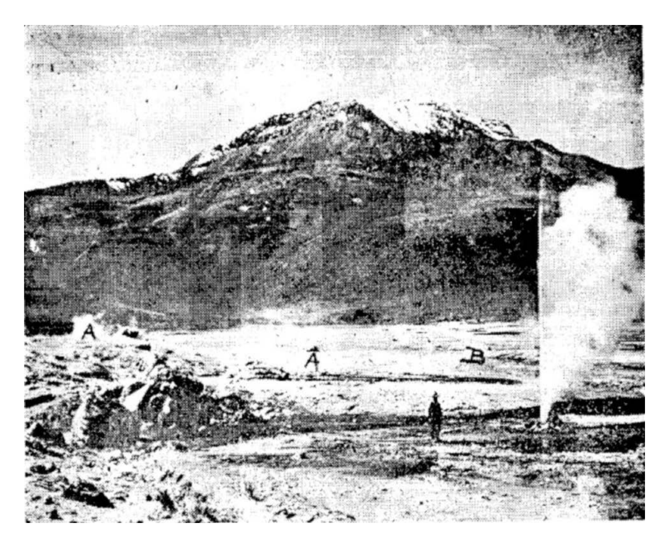


Figura 14: Fotografía tomada por Juan Brüggen. Géiseres del Tatio, 1929. Publicada en Brüggen (1942). Los geisers de los Volcanes del Tatio; Revista Chilena de Historia y Geografía, 93(101):236-259.

Esta fotografía del campo de géiseres *el Tatio* (figura 14) fue realizada por el geólogo Juan Brüggen. La imagen fue capturada en mayo del año 1929 durante su visita al lugar, siendo publicada junto a los resultados del terreno en un reporte geológico en 1940 para el Departamento de Minas y Petróleo (del entonces Ministerio de Fomento) y en un artículo en la *Revista Chilena de Historia y Geografía* en 1942.

En esta imagen el vapor se encuentra emanando desde el subsuelo. Lo que a primera vista puede ser interpretado como un retrato del paisaje natural,

es más bien el registro de una medición geológica. Esta fotografía científica es una referencia para medir el futuro potencial del calor subterráneo, ilustrando el comportamiento del vapor. La presencia del vapor fluyendo permite argumentar al autor el potencial del calor para ser transformado en energía eléctrica. Sin embargo, en el texto del informe–dónde esta imagen se encuentra publicada–es posible notar que el principal interés científico es entender la presencia inestable del vapor. Las variaciones de su aparición en la superficie desestabilizan las posibilidades de una futura central de energía eléctrica. La imagen del vapor no sólo sugiere la presencia del calor subterráneo, sino también su intermitencia y los recorridos fuera de la vista humana.

Las primeras exploraciones con un foco geotérmico y con un interés en la producción de energía eléctrica fueron realizadas a comienzo del siglo XX en el norte de Chile en este sitio. El siguiente capítulo se centra en las historias de estas exploraciones durante el siglo XX, analizando el estudio del subsuelo por medio del vapor, la perforación de pozos y el abandono de los futuros geotérmicos en este lugar.

2.1 Historias de pozos: Perforando y midiendo el vapor del Tatio

Produciendo evidencia a raíz del vapor, la ausencia del vapor a ciertas horas del día desestabilizó los imaginarios de una fuente potencial de electricidad. Si bien el vapor, permitió la imaginación de los futuros de esta energía desde la superficie, su intermitencia los volvió inestables. Volviendo a la fotografía, el chorro del vapor da la apariencia de ser uno de los géiseres del Tatio en erupción. Sin embargo, Brüggen en su informe señala que se trata de un chorro de agua y vapor saliendo continuamente fruto de la perforación de un sondaje. Este rasgo en el paisaje que el geólogo busca retratar es fruto de una intervención tecnológica y humana. En su relato, este vapor es nombrado como *El géiser del sondaje*[1].

Esta perforación fue realizada por ingenieros italianos antes de 1923, quienes visitaron la zona contratados por *la sociedad privada Comunidad de El Tatio*

1 Un sondaje es una tecnología que permite acceder al subsuelo desde la superficie. Se trata de una perforación de diámetro pequeño, pero que puede alcanzar gran profundidad.

formada en Antofagasta por la comunidad italiana de la ciudad[2]. El informe *Larderello SpA: Ufficio Geológico* es un registro de estas exploraciones escrito por Ettore Tocchi en 1923. Este documento hasta el día de hoy circula en el departamento de geología de la Universidad de Chile y es citado en artículos científicos como evidencia de la primera aproximación a los futuros geotérmicos de la zona, además de ser un trabajo pionero (Morata, 2014; Lahsen et al., 2005).

El interés particular de estas exploraciones fue estudiar los potenciales geotérmicos con el fin de producir electricidad para la industria minera, contratando a ingenieros de la zona de Larderello en la Toscana Italiana. En esta región, en 1818, comenzó a ser utilizado el vapor del agua termal para explotar el ácido bórico. Sin embargo, a partir de los descubrimientos atribuidos al Príncipe Piero Ginori Conti, en 1904 por primera vez se logró usar el vapor como fuente de energía para la producción de electricidad. De esta manera, Larderello pasó a ser un referente mundial para el desarrollo tecnológico de la geotermia (Cataldi, Hodgson & Lund, 1999). A partir de aquellos años se comenzó a producir un desarrollo industrial geotérmico en la Toscana. Esto también llevó a la generación de conocimientos técnicos y estudios de laboratorio en la materia. Por esta razón se contrataron los servicios de expertos de esta zona de Italia para explorar los futuros geotérmicos en la cordillera del Desierto de Atacama.

En estos documentos es posible apreciar como los potenciales geotérmicos del Tatio comenzaron a ser evaluados y leídos desde las características del paisaje de Larderello. Entre los métodos empleados para evaluar los futuros geotérmicos se utilizó la comparación de componentes geológicos, temperatura, presión o recargas de agua entre estos dos sitios. La manera de argumentar los futuros del Tatio fue utilizando a Larderello como horizonte. Como el ingeniero italiano Tocchi escribe en las últimas líneas de su informe sobre el Tatio: "El aspecto grandioso de los fenómenos, en la extensión del terreno activo, es al menos 5 veces superior a la de Larderello"[3] (1923:29).

---

2 Luego del fin de la Guerra del Pacífico en 1884 y la firma del tratado de paz, estos territorios pertenecientes al llamado *departamento litoral* boliviano fueron anexados a Chile en 1904. A partir de los primeros años del siglo XX se empezó a cultivar el interés por los recursos geotérmicos con el fin de producir electricidad para el desarrollo de la industria minera. En 1917, miembros de la colonia italiana de Antofagasta crearon la organización de la explotación *Comunidad Preliminar de El Tatio* (Historia de la Ley de geotermia, 2000) iniciando exploraciones geotérmicas.

3 Traducción propia al español de la frase original en italiano: "Aspetto grandioso del fenómeno, dalla estensione del terreno attivo, almeno quintupla di quella di Larderello".

La manera específica para medir los potenciales del subsuelo fue orientándose por el vapor. La forma en que los ingenieros italianos estudiaron el vapor fue llevando a cabo prácticas de medición utilizadas también en Larderello, condensando el vapor en un serpentín de cobre (estañado internamente) introducido en el orificio de la surgencias, midiendo posteriormente la presión, temperatura y composición geológica del agua. Conociendo la composición química de las condiciones del subsuelo lograron en aquellos años obtener información para evaluar si estas favorecía o no el desarrollo de esta forma de energía. Estas prácticas de medición quedaron registradas en el informe de Tocchi. Pero su interés principal era observar el vapor emanando fruto de perforaciones directas, base fundamental para su forma de exploración. La creación de estos pozos fue señalada como el único método realmente confiable y seguro para saber el potencial geotérmico real.

El grupo de Tocchi tuvo que esperar largos períodos de tiempo para que la maquinaria lograra ascender hasta la altura de los géiseres y lograr perforar. El proyecto sufrió enormes retrasos debido a nieves y condiciones climáticas frías, que dificultaron la construcción del camino para subir las máquinas de sondaje a la alta montaña. Una vez que las infraestructuras de perforación llegaron al sitio, Tocchi describe su descenso perforando el subsuelo. En este relato llama la atención un evento que ocurre al alcanzar una mayor profundidad. Primero se escucha un ruido, luego sale el agua del sondaje que se ingresó por la perforación, y finalmente, un jet de vapor y agua, irrumpiendo con gran violencia. Esto se produce fruto del encuentro con la fuente de agua al llegar a los 50 metros, emanando en forma de chorro.

En estos informes también es posible encontrar sueños e imaginaciones sobre los futuros geotérmicos del lugar por parte de los ingenieros italianos, quienes ascendieron hacia las alturas del Tatio motivados por la voluntad de proveer de electricidad a las industrias de la provincia. Contemplando el fenómeno, imaginaron cómo electrificar el paisaje. Como relata el Ingeniero italiano Domingo Mongillo en un documento no publicado sobre su visita al Tatio en 1924 citado en el informe de Brüggen:

> Escuchando el característico ruido del vapor, soñé con el futuro, en que toda aquella masa de vapores que hoy se pierde inútilmente en el aire, fuese sujetada en enormes conductores y amasada en poderosos tubos alternadores y transformada en energía eléctrica, pudiera correr sin cesar día y noche a través de los blancos hilos metálicos y aportar su poderoso soplo vital a las lejanas industrias de toda la provincia (Mongillo citado por Brüggen 1942:249).

El encanto poético de este pasaje, impregnado posiblemente por la estética del futurismo italiano, es descartado abruptamente como una *exageración poética* por el geólogo alemán en su informe. Sin embargo, este relato también permite detenerse en las imaginaciones de futuro de los ingenieros explorando el Tatio. En el centro de lo que imagina se encuentra el vapor. Describiendo la imagen del vapor como una entidad etérea, incluso onírica, que se desvanece inútilmente en el aire, su transformación en energía eléctrica funciona como metáfora de la industrialización. No sólo el vapor es impregnado de un encanto poético, si no también las infraestructuras que permiten canalizar las fuerzas de la naturaleza. En este relato el *sublime tecnológico* (Nye, 1994) se encarna tanto en el vapor contemplado, como en la capacidad de máquinas futuras imaginadas por los ingenieros italianos.

El vapor hace visible el futuro de la energía, siendo observado desde la superficie. En el relato se describe no sólo la presencia visual del vapor, sino también su sonido. En el comienzo del relato de Mongillo se menciona que el vapor también se escucha. Tanto en el informe de Brüggen como en el del ingeniero Tocchi, se mencionan los sonidos característicos del lugar. El agua que hierve en pequeños orificios, de diferentes tipos de diámetro y composiciones geológicas. Ambos mencionan un géiser, nombrado como *El toro*, el cual Tocchi lo compara con los sonidos de una caldera de vapor. La descripción de estos sonidos también aparece en el informe de Brüggen mencionando las memorias del ingeniero y geógrafo Alejandro Bertrand, quien escribió sobre el Tatio: "Al salir de la hoyada nos llamó la atención en el alto de un cerro un ruido insólito e intermitente, acompañado de exhalaciones vaporosas, enteramente análogo al que producen esos caños de escape de vapor de que están dotados los calderos i motores" (1885:63-64). La observación del subsuelo de este lugar como recurso potencial estuvo influenciada por la representación del interior de la tierra como un sistema de tubería mecánica interconectada. Además, con una riqueza oculta y constante.

En estas interpretaciones del paisaje se utilizan continuamente la máquina a vapor como analogía. En las descripciones del vapor emanando desde el subsuelo hay una continuidad estética con la capacidad de las máquinas. El vapor como fuente del desarrollo en estas analogías guarda relación con un imaginario asociado al modernismo industrial. Es una forma de celebración del progreso, influenciando categorías estéticas de la época para describir el paisaje. Particularmente refleja una nueva cultura visual que emerge junto al surgimiento de las industrias, que ha sido descrita como la estética del modernismo. Fábricas, puentes, trenes y su vapor en las décadas de 1860 y 1870 se

transformaron en motivo de los paisajes retratados por pintores vanguardistas en Europa (Rubin, 2008). Ilustrando el entrelazamiento entre la cultura visual y los valores de la época, en estos imaginarios es posible notar la continuidad con la que se describen las tecnologías y la naturaleza, bajo un entendimiento particular de la idea de progreso.

La presencia de estos valores modernos en las descripciones geotérmicas referidas también se puede notar bajo la idea del vapor perdiéndose inútilmente en el aire. Imaginando *enormes conductores* con la capacidad de sujetar el vapor y *tubos alternadores* que amasan y ayudan a transformar el vapor en energía eléctrica, el vapor se imagina como un elemento potencial para el desarrollo industrial de la región. Pero en la práctica y las características geológicas particulares del lugar, el mismo fenómeno de los géiseres complica estos imaginarios. Las formas de comportase del vapor desestabilizan los sueños en transformar el fenómeno en energía eléctrica.

La intermitencia del fenómeno en el Tatio fue una de las características fundamentales que preocupó y captó el interés de los ingenieros y científicos al describir la geotermia del lugar. La erupción de géiseres varía según la hora del día. Así como las erupciones de vapor son un fenómeno visible, también lo es su ausencia durante el día. Como señala Mongillo:

> Tampoco podría expresarse bien la dudosa angustia que nos ataca cuando por primera vez, adelantando el día y debido a los cambios de las condiciones atmosféricas, se nota la aparente y progresiva disminución del fenómeno hasta verlo desaparecer por completo (Mongillo citado por Brüggen, 1942:249).

Un rasgo que se observa e inquieta a este grupo al pasar más de un día en el lugar. Por la noche y durante las horas más frías del día el vapor comienza a surgir a la superficie. Sin embargo, con las primeras luces del sol, disminuye y a veces incluso se detiene. En los documentos de las exploraciones estas características son continuamente comparadas con Larderello, donde la erupción de los géiseres no depende de las horas del día. Los géiseres del Tatio son un fenómeno intermitente, que se expresa de manera variable de acuerdo a las horas del día, desestabilizando los imaginarios traídos desde la zona de Larderello.

Esta variabilidad significó un obstáculo para producir electricidad. El viento, la temperatura del agua, los cambios en la atmósfera y su origen glaciar se mencionan como posibles factores para explicar lo que sucede en el interior del Tatio. Lo que se vuelve evidente al ojo que observa el lugar, es el continuo movimiento entre la presencia y ausencia del vapor, según las condiciones del día.

Este rasgo de su naturaleza provocó hipótesis sobre los recorridos del vapor en el subsuelo. Para Brüggen, la mejor manera de explicar el fenómeno es seguir las trayectorias del agua subterránea. El agua formada por el derretimiento de las nieves desciende por las rocas permeables, encontrándose luego con masas de agua caliente, lava o rocas de temperaturas más elevadas. El contacto hace que el agua se caliente transformándose en un vapor que busca su salida de manera vertical. Para él la variación se debe a las diferencias del caudal de agua de acuerdo a las horas del día.

En la fotografía tomada por Brüggen (figura 14) con la que esta sección comienza, el chorro es la evidencia del primer sondaje geotérmico realizado por el grupo de Tocchi. Este chorro de vapor fluyó en el aire durante años. Con la perforación, la intermitencia que caracteriza a este paisaje ya no es un problema. Se le pone fin, aparentemente, a la naturaleza caótica del fenómeno. Una vez que el chorro emana, el desafío se vuelve conocer la temperatura y presión. Específicamente, conociendo la temperatura se puede estimar si este fenómeno puede ser o no transformado en energía eléctrica. La posibilidad de la construcción de una futura central eléctrica dependía de la información que estas mediciones arrojaran, al menos su existencia potencial, para luego negociar posibles fuentes de financiamiento.

Primero era necesario realizar el estudio de factibilidad, para conocer la fuente de la energía futura. Según los resultados de este primer sondaje y una vez terminado su periodo de trabajo en la zona, el ingeniero Tocchi recomendó proseguir con nuevas perforaciones. En su viaje de vuelta a Italia, esperando el barco a vapor en Antofagasta, recibió por telegrama noticias sobre el aumento de la capacidad del chorro, y que los trabajos de perforación continuarían buscando mayor temperatura. Sin embargo, el proyecto fue abandonado.

Durante el proceso de consulta de los archivos, tuve también la posibilidad de entrevistar al profesor Alfredo Lahsen en el departamento de geología de la Universidad de Chile. Muchos de estos documentos fueron recopilados por él. Me cuenta que durante un viaje a Italia llevó al museo geotérmico de Larderello el informe de Tocchi y que ellos no tenían este informe. Entrevistándolo busqué saber más sobre la historia del abandono de estas exploraciones. Él ha estudiado esta historia y documentos por años: "Esta misma gente en 1920 consiguió que trajeran de Larderello, una máquina para perforar y entre 1921 y 1922 (...) Dos pozos fueron productivos, pero con muchas dificultades, acá en el Tatio se encontraba vapor a muy poca profundidad. A 100 metros, 80 metros. Entonces en uno de los pozos, llegaron al vapor y les explotó toda la máquina" (Alfredo Lahsen, entrevista, Santiago, 9 de enero 2019). Esta explosión en el informe no

es mencionada. Si bien las exploraciones terminaron, el informe del ingeniero Tocchi siguió circulando. La existencia del vapor, y sus características, fue transformada en evidencia potencial para futuros proyectos de inversión. Como se señala en la historia de la Ley de geotermia los impulsores de esta energía perseveraron en este proyecto viajando a Italia en búsqueda de capitales y asesoría técnica, explicando el fin de estas gestiones debido a la crisis económica mundial de 1931 (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2000).[4]

A lo largo de esta sección basada en los documentos históricos, el estudio del vapor se encuentra al centro de las formas de estudio del subsuelo en el Tatio y su potencial geotérmico. El fenómeno y sus incógnitas, tales como la frecuencia intermitente de los géiseres, fueron leídos desde el vapor por los primeros grupos de ingenieros y geólogos al estudiarlos. Esto queda retratado en la imagen del comienzo de esta sección (figura 14). Tanto el foco de estudio, como las huellas de exploraciones anteriores, consideraron el vapor como la evidencia central del subsuelo. Sin embargo, esta imagen también se puede leer desde otra perspectiva.

2.2 Cuerpos (in)visibles y el vapor

En la fotografía del *Géiser del sondaje* (figura 14), es posible ver en el centro la presencia de una figura humana. Esta figura vuelve a aparecer en otra de las fotografías en el artículo de Brüggen.

4 De igual manera, las observaciones geológicas de Brüggen (1942) no quedaron solamente circunscritas al ámbito de estudios académicos. El reporte realizado para el *Departamento de Minas y Petróleo* fue presentado en la cámara de diputados el año 1952 como evidencia para desarrollo industrial (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 1952:988). El informe fue utilizado como evidencia debido a la acabada descripción de esta posible fuente de energía. La presentación de este informe en el congreso fue acompañada del decreto donde el ministerio de Tierras y Colonización entrega la concesión fiscal de los géiseres en arriendo a privados. Sin embargo, no se menciona que Brüggen (1942) consideró sobredimensionado el potencial observado por los ingenieros italianos. Si bien este interés tuvo como efecto estudios posteriores, no sería hasta 1968 que la CORFO volvería a reactivar las exploraciones geotérmicas.

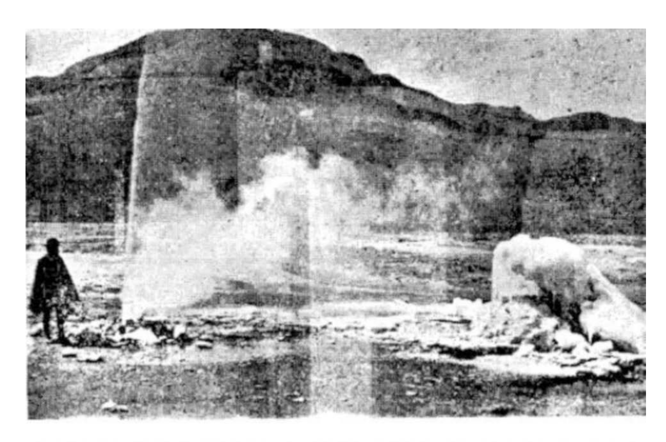




Figura 15: Los geisers de los Volcanes del Tatio; Fotografías tomadas por Juan Brüggen. Géiseres del Tatio, 1929. Publicada en Brüggen (1942). Los geisers de los Volcanes del Tatio. Revista Chilena de Historia y Geografía. 93(101):236-259.

En esta última fotografía (figura 15) la forma en que se enmarca la imagen no parece ser un error. En mi opinión, su ropa (un poncho y sombrero) sugiere la posibilidad que se trate de un guía local. Su cuerpo en el centro de la representación nos recuerda la centralidad de los guías locales en estas expediciones, los cuales no son mencionados en este informe. En un ejercicio especulativo, pienso que su presencia en las fotos se justifica por un interés práctico, ser una escala para medir las dimensiones espaciales del fenómeno. La manera

en que aparece en la fotografía revela el uso del cuerpo en la representación y la necesidad geológica de la escala. Pero también refleja la naturalidad con la que el geólogo en su fotografía representa este cuerpo como parte del paisaje andino.

Esta foto, y las posibilidades que menciono, hace presente una trayectoria ausente en el relato. Sin embargo, los guías locales han sido fundamentales en la producción de conocimientos científicos a lo largo de la historia de la ciencia en diversos contextos geográficos (Raj, 2016; Mueggler, 2011). Una experiencia a la que hoy no podemos acceder por medio de estos informes. Es un silencio con el que me encuentro en los archivos y los reportes. Pero esta figura en la fotografía me hace preguntarme por la involucración de miembros de las comunidades de la zona en estas exploraciones.

Esta fotografía señala otra cara de la evidencia. Una aproximación a la experiencia de medición y las diferentes personas involucradas en su producción. Probablemente su presencia fue fundamental para que estas exploraciones geotérmicas siguieran los caminos apropiados, en su ascenso a la montaña y para sortear las dificultades en medio de los Andes. Su silueta sugiere otro ángulo desde donde seguir la evidencia y su producción, otra trayectoria que se asoma, pero que permanece ausente a lo largo del relato de estos informes, pero no de las imágenes.

Para seguir estas experiencias y sus huellas en las exploraciones geotérmicas en los Andes, los archivos históricos no eran suficientes. Si bien me entregaron pistas fundamentales para ver como el subsuelo fue leído y explorado por medio del vapor, se volvió necesario buscar otras formas de aproximación. Para esto quise conocer los relatos y recuerdos presentes en las comunidades del Alto Loa. Con este fin en mente viajé hacia el norte.

Para llegar a la zona desde el sur es necesario llegar primero a Calama, conocida por ser la ciudad icónica de la gran minería en Chile fruto de su cercanía a Chuquicamata. Esta última es la mina a tajo abierto de cobre más grande del mundo y el centro de la extracción del *sueldo de Chile*. Esta frase se ha utilizado para bautizar al cobre, mineral extraído y exportado luego hacia mercados globales. Desde la carretera saliendo de esta ciudad es posible ver las huellas históricas de la minería en el paisaje, cohabitando con la belleza estética de la luz y el color del cielo para el visitante. En este escenario, también es posible ver proyectos recientes de energía eólica y las nuevas inversiones en energía renovable.

En Calama me reuní con Rafael, el presidente de la comunidad de Toconce, quien trabaja en la feria de la ciudad. Ahí tuve la oportunidad de conversar con

él, contarle sobre mi proyecto e intención de conocer las historias de las exploraciones del Tatio y pedir autorización para realizar mi investigación. Toconce es uno de los últimos poblados antes del Tatio, junto a Caspana, siendo ambas comunidades quienes administran el lugar por medio de una concesión turística otorgada por el Estado.

Al llegar a Toconce contacté a María, guía actual en el Tatio y Mario, trabajador minero familiarizado con su historia. Ambos nunca habían escuchado mencionar las exploraciones antiguas de la década de los años 20 relatadas en el apartado anterior. Me cuentan que no hay recuerdo o memoria de estas exploraciones en la localidad. El recuerdo que aún permanece son las exploraciones geotérmicas realizadas por la CORFO.

Esta institución el año 1964 con el objetivo de fomentar "la producción nacional mediante el aprovechamiento pleno de los recursos naturales, así como la incorporación de nuevas tecnologías para incrementar la productividad" (Corfo, 1977:1), solicitó el apoyo al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, P.N.U.D. para estudiar los recursos geotérmicos. Esta iniciativa prosperó y se tradujo en la firma de un convenio en 1967 entre estas instituciones creándose el *Comité para el aprovechamiento de la Energía Geotérmica*, que duró entre 1968 y 1976.

El objetivo principal de este comité fue "la prospección, evaluación y explotación de los recursos geotérmicos en el país. El Comité comenzó a operar en 1967 con la llegada del primer experto de la O.N.U." (Bórquez, De la Fuente, & Comité Geotérmico, Corfo (1977:1). Como resultado de este programa se reportaron estudios geológicos, geofísicos, geoquímicos y "la perforación entre 1969 y 1971 de seis pozos de exploración a profundidades de 600 a 750 m y siete pozos de producción perforados entre 1973 y 1974 a profundidades que van de 870 a 1820 m." (Lahsen & Trujillo, 1975:157). En este mismo informe se señala que si bien los pozos se encontraban generando 18 MW, por medio de futuros programas se esperaba aumentar la capacidad utilizable a 50 MW o 100 MW según otras estimaciones (Trujillo, 1974). Sin embargo, el programa se detuvo en 1976 y el projecto fue abandonado.

Algunas de las personas que trabajaron en el comité y durante las perforaciones siguen vivas, y en Toconce son considerados quienes más saben de esas historias, por haberlas vivido en carne propia. Por esa razón, luego de compartir con María y Mario, me recomendaron ir a visitar al día siguiente a don Miguel para conocer su experiencia de primera mano en los trabajos de perforación. Así es como finalmente lo fui a visitar a su hogar, la casa más al este de Toconce, camino hacia el Tatio.

Al interior de su casa, lo primero que veo es una bandera de Cobreloa, el equipo de fútbol de Calama que utiliza la simbología del cobre. Club de deportes asociado al trabajo minero que en la década de los 90 conquistó muchos éxitos futbolísticos. En su mismo nombre contiene dos elementos característicos de esta zona: el Cobre y el Loa (el mineral y el nombre del río que atraviesa la cuenca, naciendo en estas alturas). En su hogar la vida de la minería se cruza con la identidad indígena atacameña de Toconce. Aquí vive con su mujer e hijos. Me sirve un vaso de Coca-Cola y nos sentamos a conversar.

Todo empezó el año 1967, me cuenta. Ese año, luego de realizar el servicio militar, su hermano lo invitó a trabajar al Tatio. "Un día pasó por aquí, por ese camino que esta al lado de acá. Así que un día estuvo trabajando ahí y mi hermano me dijo que allá necesitaban gente" (Miguel, entrevista, Toconce, 13 de marzo 2019). Así fue como partió a pie a sumarse como trabajador a las faenas que recién estaban comenzando. Como me cuenta Miguel: "En ese tiempo no había vehículo, no había nada para llegar allá al Tatio y me fui caminando. Es un camino directo, tropero, de animales, por ahí me fui yo, como conocía. Yo conocía porque era pastor en el Tatio, en las vegas del Tatio. Donde están los géiseres, del otro lado" (entrevista, Toconce, 13 de marzo 2019). Antes de que comenzara a trabajar en estas faenas de exploración, Miguel conocía como llegar al Tatio. En sus labores de pastoreo recorrió cerros y caminos que rodean el lugar, y el pastoreo de las llamas lo hizo desplazarse siguiendo sus huellas. Específicamente, conoció el Tatio por la presencia de *las vegas*, ecosistemas andinos donde se encuentra agua y alimento para los animales. El desplazamiento también variaba de acuerdo a las diferentes temporadas y ritmos de las estaciones.

Pero el pastoreo no fue la única actividad económica realizada en estas zonas antes de la llegada de exploraciones geotérmicas. Me cuenta que las diferentes actividades económicas que han marcado la historia del Tatio y sus alrededores, se pueden reconocer en los caminos, como es el caso de la recolección de la llareta. La llareta (o *Azorella compacta*) es un arbusto nativo de las regiones altiplánicas, conocido por su apariencia similar al musgo. En los cerros cercanos al Tatio es posible notar huellas del tiempo en que se recolectó este arbusto para los hornos de Chuquicamata, la mina de cobre cercana a Calama mencionada al comienzo de esta sección.

Los caminos atraviesan la historia de este lugar en memorias y relatos. Se trata de un lugar donde el subsuelo entra en interacción con las personas que pasan. Como me cuenta Mario, antiguamente el Tatio:

> Era un camino tropero que iba a Bolivia desde San Pedro de Atacama. Antes de los vehículos se usaban burro y llamas de carga. Eso es un camino tropero. Antes, San Pedro conectaba con Potosí. En San Pedro no había curas, entonces desde allá venían los curas a hacer misa, bautizos. Hablan de cuando ellos pasaban que el Tatio esta vivo. Cada vez que pasaban, pasaban más fumarolas, salía con más fuerza hacia arriba. Como te decía, San Pedro estaba conectado con Potosí. Decía mi abuelita que una vez venía la caravana de mulas, cuando pasaron por el Tatio, el cura que venía se metió en una de esas fumarolas. Y dice que no lo pudieron sacar, se metió las riendas de la mula, dicen que le tiraban las riendas y no salió. Y hasta que le cortaron las riendas. Pero decía mi abuelita, ¿Qué habrá visto adentro? ¿Una ciudad? No sé. Que llegó y se metió. (...) se metió y no salió nunca más.

En el lugar aún quedan vestigios de las temporadas de pastoreo. Esto es lo que se nombra como *la historia antigua* del Tatio. Se trata de recuerdos que continúan presentes en quienes viven en Toconce. En el mismo sitio del Tatio existen viviendas de roca temporales. Pero los relatos van más allá. El lugar era parte de un camino que conectaba San Pedro con Potosí, y uno de los personajes principales, curiosamente, es un sacerdote. Pero además se menciona que se trata de un lugar que se encuentra vivo. Las fumarolas tienen una capacidad y vitalidad propia. El Tatio esta *vivo*, como me hace entender Mario. En la superficie se expresa un fenómeno subterráneo que no se puede ver. Incluso se especula la posibilidad de una ciudad subterránea como es mencionado en el relato. Además, este lugar se activa al pasar. Se trata de un sitio que reacciona frente a la presencia de quienes pasan. Es un lugar sensible y las fumarolas pueden responder.

Las áreas potenciales para el desarrollo de la energía geotérmica se encuentran dentro de territorios indígenas. Los territorios donde se expresan con mayor fuerza los fenómenos geológicos en la cordillera, a través de volcanes o aguas termales, históricamente han sido habitados por comunidades indígenas. Sin embargo, su soberanía sobre los recursos del subsuelo no han sido reconocidas por el Estado, invisibilizando—desde una perspectiva nacional—las involucraciones indígenas con estos espacios.

La literatura en geografía y antropología en América Latina ha problematizado la imagen del subsuelo como un ámbito separado de la superficie, principalmente desde trabajos que abordan las consecuencias que ha tenido la explotación del subsuelo en las poblaciones próximas. Estos trabajos han tenido

un foco en los efectos en las comunidades indígenas y locales cercanas al desarrollo de la industria minera, el petróleo o el gas (Bebbington & Bury, 2013).

Crecientemente existe un cuestionamiento a la epistemología occidental que cataloga las dimensiones geológicas como un dominio inerte, sin vida y distante del mundo de los seres vivos. Hoy existe un interés por estudiar conocimientos e historias del subsuelo que colisionan, enredan o suprimen la noción del subsuelo como recurso y que, a su vez, han sido históricamente marginalizadas (Melo Zurita et al., 2017). En territorios como los Andes, el subsuelo no se encuentra mediado, exclusivamente, por las pretensiones de control sobre la naturaleza.

Volviendo al relato de Miguel, me cuenta que en aquellos años el trabajo era riesgoso: "Pasábamos sobre los géiseres, pero pasábamos con miedo. Los géiseres crean una capa de sal. Entonces el agua está por abajo. Está hirviendo el agua. Entonces, teníamos miedo de pasar por ahí y tirábamos una piedra y pasábamos" (entrevista, Toconce, 13 de marzo 2019). Para moverse por el Tatio es necesario ser cuidadoso. Las capas de sal crean la ilusión de ser un suelo estable, pero al pisar se puede caer dentro del agua hirviendo. Múltiples accidentes han ocurrido por esta razón. Pero Miguel sabía como moverse por el lugar, utilizando estrategias tales como caminar lanzando piedras anticipando el tipo de superficie. Miguel recuerda que *los antiguos*[5] siempre aconsejaban a los jóvenes no ir: "No valla pa allá por que ese pozo es malo" (entrevista, Toconce, 13 de marzo 2019). Otras de las estrategias es silbar para ver a los géiseres reaccionar. Pueden emerger en cualquier momento. Es un lugar activo, que produce miedo y precauciones.

Contando sobre sus trabajo en el proyecto geotérmico, me cuenta que una vez representado el lugar con los datos sobre la posición de las corrientes de agua y el vapor, se determinaron los puntos para realizar sondajes. Del estudio pasaron a perforar. Luego de subir las máquinas comenzaron a perforar el subsuelo desde la superficie. Fue en este momento que Miguel comenzó a trabajar en los sondajes, tarea a la que se seguiría dedicando el resto de su vida laboral.

Escuchando los relatos de Toconce sobre el Tatio, las historias del lugar se entrelazan con tareas en terreno. Principalmente, formas de desplazamiento, sus riesgos y la interacción con el fenómeno de los géiseres. Como describe Miguel, se trata de experiencias riesgosas, en las cuales tuvo que emplear estrategias y conocimientos previos para moverse por el lugar y no quemarse con

---

5 Categoría local utilizada para referirse a las generaciones anteriores y su capacidad de trasmitir conocimientos.

el agua caliente. Siguiendo los relatos de perforación, penetrando el subsuelo, se entra en interacción de forma directa y riesgosa con el vapor.

2.3 "Que se venga el pozo"

"Y ¿cómo se podía ver si un pozo estaba bueno?", le pregunto luego que describe que se hicieron en total 10 pozos, pero 4 eran buenos. Miguel me responde apuntando la imagen de una foto en la pared de su hogar.



Figura 16: Fotografía elaborada a partir de imagen en la casa de Miguel que retrata a los trabajadores y al vapor emanando desde las perforaciones; Elaboración propia (2019) a partir de fotografía realizada por autor desconocido.

"Ahí está todavía". Mirando la fotografía me doy cuenta de que se refiere al vapor. La imagen no está clara. No logré realizar un buen retrato ya que estaba pegada a la pared. Pero la misma estética de esta imagen, la luz, la confusión de colores, resuenan con el acto de recordar. La temporalidad la veo contenida en la imagen. Miguel lo recuerda claramente y con orgullo. La imagen también es un retrato del logro de su trabajo con el vapor. Como me cuenta: "Ese vapor lo iban a ocupar para hacer trabajar las máquinas. Y ahí probaron y decían con esto, ya es suficiente pa darle corriente a Chuquicamata y Calama. Y si hacen 10

pozos más tenemos para llegar hasta la cuarta región. Hasta Serena" (Miguel, entrevista, Toconce, 13 de marzo 2019). Los expertos en las faenas veían en el vapor las promesas de la energía geotérmica. Con esta fuerza del vapor se pensaba llegar incluso hasta la Serena (1300 kilómetros al sur). Pero para Miguel también significaba una promesa de electricidad para su pueblo, Toconce, el cual en ese entonces no tenía para el consumo diario. La promesa era que Toconce sería la primera estación de electricidad.

Al mostrarme esta imagen y su experiencia confirmo que uno de los elementos centrales de la energía geotérmica para la producción de electricidad es el vapor de los reservorios de agua caliente del subsuelo. Desde esta perspectiva, el sistema geotérmico es transformado por medio de los tubos de las perforaciones y almacenada cómo vapor. Es justamente este vapor el que se puede transformar en electricidad. El potencial real de la energía, me explica, se conoce de manera directa sólo en este punto. La capacidad del reservorio se sabe una vez que se entra en contacto con él. En este sentido, el conocimiento del potencial geotérmico no puede ser separado del proceso productivo.

Para quienes trabajan en la extracción del vapor, se trata de un proceso sumamente peligroso y existe un miedo continuo frente al riesgo de la actividad. Al ir perforando se tiene que ir monitoreando la temperatura del vapor, ya que esta puede significar un riesgo para el sondaje, que lo puede llegar a destruir. Una de las situaciones más complejas es maniobrar las válvulas de los pozos. Después de que se han hecho los pozos, se instalan válvulas con las que se puede abrir o cerrar la circulación de vapor. Miguel cuenta que estos pozos se dejaban cerrados por 10 o 15 días, dejando acumularse el vapor. Abrir o cerrar el pozo era sumamente riesgoso y lo hacían con susto. Una vez que los pozos fueron realizados y el vapor se acumuló, comenzó también a operar la política del proyecto.

A modo de anécdota, Miguel me cuenta que la Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), la gran empresa nacional de extracción de este mineral se encontraba interesada en el proyecto, por el potencial de electricidad que significaba para las faenas mineras. En una oportunidad, mientras él estaba trabajando, altos directivos de esta institución y periodistas llegaron a visitar las faenas. Pero "Al abrirlo empezó a zumbar el pozo, los periodistas estaban cerca y puta quedaron locos, arrancaron", me cuenta riéndose. Luego del zumbido salió un chorro de 100 metros. Pero ellos, los trabajadores, se quedaron allí ya que conocían como se comportaba el vapor y habían realizados pruebas anteriormente.

En el proceso de perforación es crucial ir midiendo la temperatura, ya que 75 o 80 grados puede destruir el pozo. Esto abre la posibilidad de que el pozo se *venga* como explica Miguel. Esta es una posibilidad que produce miedo al estar ahí. La temperatura y la presión puede destruir el pozo. La infraestructura en este caso es el pozo mismo, que ingresa verticalmente y funciona conteniendo el vapor en tubos. Pero la temperatura del vapor, la misma que se puede convertir en electricidad, potencialmente puede destruir toda la infraestructura geotérmica. Es un ejercicio inestable y riesgoso. Como me cuenta, es fundamental medir la temperatura. Esto se realiza midiendo la temperatura del *lodo*, líquidos con químicos que se hacen circular por el pozo para facilitar el proceso de perforación.

Esto me lo ejemplifica Miguel: "Hay que estar a cada rato tomando la temperatura. A nosotros nos quitó unas barras por eso mismo, por porfiados. Por que el operador dijo alcanzamos a levantar las barras" (entrevista, Toconce, 13 de marzo 2019). Las barras son los instrumentos de 10 metros que se utilizan para realizar el pozo. Miguel estaba encargado de la temperatura y advirtió: "les digo yo, no, está muy alta la temperatura, se nos va a venir el pozo. Antes que saquemos las barras se vino el pozo" (entrevista, Toconce, 13 de marzo 2019). Se trata de un enorme riesgo producido por la temperatura y sus efectos en el pozo:

> De repente, me grita: se vino el pozo, cuidao. Chis Pasó al lao mío, el puro vapor no más. Levantó la barra pa arriba. Yo ni vi la barra cuando pasó hacia abajo. Los quitó la barra… Todos arrancamos, por que si dejai que se venga el pozo, cómo no esta entubado, empieza a botar arena, piedra, lo que sea y abajo se forma un pozo o una cueva grande y se puede asentar, po. Se asienta todo el terreno. Ese es el peligro (Miguel, entrevista, Toconce, 13 de marzo 2019).

La temperatura tiene la capacidad de destruir el pozo, no se sabe que hay adentro y el mismo terreno se puede venir abajo. La perforación o el vapor puede producir cuevas o orificios, sobre todo si se trata de formaciones blandas. La temperatura del subsuelo tiene la capacidad de desestabilizar la exploración.

En los trabajos de terreno en el Tatio descritas en esta sección las capacidades del subsuelo se experimentan de manera directa. En los relatos de Miguel es posible notar como las experiencias y conocimientos anteriores fruto del pastoreo, le permitieron crear estrategias para moverse por el lugar. Los géiseres reaccionan y pueden ser activados mediante silbidos o al caminar. Po-

seen una capacidad y vitalidad propia, siendo necesario aprender a interactuar con ellos para desplazarse por el lugar.

En los relatos de Miguel, de su experiencia, memorias y las fotografías en su hogar, aprendo que el vapor está al centro. Significó promesas y orgullo, pero también riesgos. Las experiencias de trabajo en las exploraciones geotérmicas en las que participó Miguel en el Tatio entrecruzan la falta de normas de seguridad de aquellos años. El riesgo era trabajar con la incertidumbre del subsuelo. Una de las formas de interactuar con el calor subterráneo y sus riesgos, era midiendo la temperatura de los pozos. Altas temperaturas significaban la posibilidad de destrucción del pozo, que el terreno de la infraestructura geotérmica se viniera abajo y llevándose también las vidas de los trabajadores.

El vapor atraviesa las experiencias de este capítulo. Es el elemento por medio del cual se explora el subsuelo. A su vez, siguiendo fotografías el vapor atraviesa las diferentes imágenes del capítulo. La evaporación y su estética está presente en las atmósferas de estas escenas. Pero también se hacen presente los miedos y riesgos asociados al fenómeno.

En este capítulo se describe como el vapor se comporta de maneras inesperadas, desestabilizando sus promesas como fuente potencial de electricidad. Esto resuena con el creciente interés en humanidades sobre los fenómenos geológicos y particularmente el trabajo de Nigel Clark (2014), describiendo como las entidades geológicas no se comportan necesariamente de acuerdo a los planes humanos. Desafiando ideas e imaginarios modernos del control sobre la naturaleza, desde esta perspectiva se busca destacar la inestabilidad que caracteriza las experiencias humanas y su exposición vulnerable frente a estos fenómenos.

En este capítulo es posible encontrar dos formas de desestabilización. Por un lado, en las exploraciones geotérmicas a comienzos del siglo XX, al producir evidencia desde la presencia del vapor en la superficie, la forma en que se desestabiliza el sueño de producir electricidad es por medio de la ausencia del vapor a ciertas horas del día. La intermitencia de la energía se experimenta desde el hecho que el vapor se deja de ver. El problema geotérmico se experimenta desde su dimensión visual. Sin embargo, al profundizar en las experiencias de trabajo con las máquinas de perforación, Miguel me cuenta los riesgos al interactuar directamente con el vapor hirviendo. El vapor atraviesa estos relatos, siendo un elemento a altas temperaturas que hay que maniobrar, desestabilizando las capacidades de control humanas.

El vapor y su temperatura desestabilizaron los futuros geotérmicos en diferentes momentos durante exploraciones realizadas en este lugar. Como el pro-

fesor Alfredo Lahsen me cuenta, las primeras exploraciones en el Tatio tuvieron muchas dificultades. Al perforar una de las máquinas explotó, siendo el proyecto abandonado, lo que se suma a otros factores. Sin embargo, a partir de las exploraciones de la CORFO, nuevas tecnologías fueron utilizadas. ¿Qué ocurrió con estas exploraciones? ¿Por qué los futuros geotérmicos volvieron a ser abandonados? Buscando conocer en profundidad las características del fenómeno, el siguiente capítulo relata experiencias visitando al Tatio. Describiendo la materialidad de las infraestructuras abandonadas y las historias asociadas al lugar, nuevas pistas sobre las trayectorias del subsuelo y sus políticas irrumpen en el escenario.

3. Aguas subterráneas

Subiendo hacia *el Tatio* a 4.320 metros de altura, llego por un camino en mal estado. Rocas y orificios en medio del asfalto se mezclan con grandes extensiones de calamina, haciendo que el auto arrendado tiemble. Tengo susto de que el auto presente problemas por la altura y deje de funcionar. Durante la tarde no hay visitantes en este lugar. No se si alguien me puede dar una mano de quedarme varado. Hordas de turistas llegan en la mañana a este ícono del turismo del Desierto de Atacama. A estas horas solo quedan las huellas de sus zapatos y las llantas de las 4x4 en las que son transportados.

Entrando en el valle veo restos de maquinaria desde el camino. Me bajo del auto y camino hacia ellas. A medida que me voy acercando, siento el olor a máquinas de fierro oxidado. Restos de exploraciones geotérmicas abandonados en estas alturas. Una estética que intento fotografiar, sintiendo el viento fuerte y el sol.

Se trata de maquinaria utilizada para realizar perforaciones. Un par de metros más allá están los restos del campamento de la CORFO, donde trabajadores y geólogos se instalaron a vivir entre 1968 y 1976. Al estar frente a estos restos experimento de manera directa el abandono de los diferentes proyectos de energía geotérmica. Hoy son elementos del paisaje que componen una cierta estética de ausencia. Los restos materiales de faenas asociadas a la minería son comunes en el Desierto de Atacama[1].

La aproximación estética a las ruinas ha sido criticada, destacando el trabajo de Gastón Gordillo (2014), para quien se trata de una fascinación desde la distancia, poco sensible a las consecuencias de quienes han experimentado el despojo. La idea académica de que las ruinas deben ser preservadas como patrimonio, entra en tensión con la experiencia de quienes conviven con restos

1 Para profundizar en las políticas de la ausencia en ruinas contemporáneas en el Desierto de Atacama ver Miller, Prieto & Ayán Vila, (2021).

o escombros, principalmente de faenas industriales. Aquí abordo la noción de ruina desde la literatura sobre trazados y sus abandonos (Geissler et al., 2016). La noción de trazado antes que apuntar exclusivamente hacia la nostalgia y pasado, también invita a prestarle atención a cómo estos pueden producir conceptualizaciones temporales y futuros inesperados.



Figura 17: Infraestructura geotérmica abandonada en el Tatio; Elaboración propia (2019).

Volviendo a estas máquinas abandonadas a la orilla del camino, se trata de un material derruido por el paso del tiempo, la sal y la oxidación. La CORFO, una institución nacional con un relevante rol hasta el día de hoy, abandonó estos materiales, sin ninguna responsabilidad mayor. Tal como me cuenta don Miguel:

> Ahí esta botada ahora, puro fierro (...) Puro fierro, esta botado allí (...) qué se lo han llevado todo, ya no quedan ni las mangueras. No queda ni una cosa ahí. Las bombas quedan ahí (...) Tocó la mala suerte, no se si la mala suerte, no sé que pasó. Usted sabe que la política es tan cochina. Apareció este caballero Pinochet. Se tomó el país y llegaron allá. Nos tenían a punta de pistola para trabajar. Y los gringos dijeron: ya aquí se termina esto y nos vamos. Dejaron botado el campamento, la gente, todo. Dejaron plantao y se fueron. La CORFO no se hizo cargo (...) Así que ahí quedo todo el desparramo (Miguel, entrevista, Toconce, 13 de marzo 2019).

El desparramo de estos fierros es parte de la historia política reciente del país y se vincula a la dictadura militar de Agusto Pinochet (1973–1990). Este pasado se hace presente en la maquinaria abandonada desde la perspectiva de Miguel. Los restos interfieren, enredando historias, políticas y recuerdos sobre la violencia experimentada en aquellos años. Su materialidad visualmente se expresa en el abandono de las exploraciones geotérmicas y sus tecnologías.[2]

Al visitar el Tatio me doy cuenta de que estos restos conviven con las trayectorias del agua caliente. Desde la perspectiva del agua subterránea, los pozos de las exploraciones, antes que ser exclusivamente una infraestructura que dejó de cumplir su función, son parte de la ecología del subsuelo. Los pozos al ser instalados, interviniendo canales y rocas, al ser abandonados han sido corroídos por el agua y su temperatura en el tiempo. El decaimiento de los pozos es fruto del contacto con las mismas trayectorias del agua.

Este capítulo se estructura siguiendo los restos de exploraciones geotérmicas y las trayectorias del agua en este sitio geotérmico. En primer lugar, la precipitación mineral y la geología del agua subterránea. Trayectorias presentes en el lento e invisible decaimiento de las tuberías subterráneas relacionadas al estallido de vapor el año 2009 en el Tatio. En segundo lugar, me detengo en el pozo abandonado que provocó el estallido y las diversas trayectorias políticas

2 Para un mayor contexto y discusion respecto a los efectos de la historia política en la producción de tecnologías, experimentos y laboratorios en Chile ver los trabajos de Eden Medina (2011), Javiera Barandiarán (2018) y Nelson Arellano (2017). Para profundizar en las perspectivas que señalan la falta de una política nacional promovida de parte del Estado como explicación del abandono de la energía geotérmica ver Ibarra, Vargas Payera & Morata (2022). Esta perspectiva también se emarca en un debate general sobre la relación entre el boom de las energías renovables y las políticas neoliberales en Chile (Furnaro, 2019).

desatadas. Particularmente la imagen de un chorro de vapor fluyendo descontroladamente fruto de una exploración geotérmica. A la luz de los registros del conflicto, la presencia visual del chorro provocado por este pozo transformó la invisibilidad del agua subterránea, produciendo un nueva forma de abandono de las promesas de la energía geotérmica en el Tatio.

3.1 Restos geotérmicos y las trayectorias del agua

El Tatio es un ícono del turismo nacional principalmente por el espectáculo del vapor emanando de los géiseres a tempranas horas de la mañana. Turistas desde diferentes partes del mundo visitan este lugar, lo que se encuentra asociado al desarrollo turístico de la ciudad de San Pedro de Atacama. Se trata del sitio de géiseres más grande del Cono Sur y el de mayor altura en el mundo. A su vez, este lugar se encuentra dentro de territorios atacameño y en la actualidad es administrado por las comunidades de Toconce y Caspana.

La forma en la que el público visitante interactúa con este lugar es en general por medio de tomar fotografías del espectáculo del vapor emanando de los géiseres. El plan ofrecido por las empresas de turismo consiste en despertarse a las 4:30 de la madrugada. Las empresas pasan a buscar en buses a personas de todo el mundo que vienen a observar el fenómeno de los géiseres. Desde la ciudad, se va subiendo hasta llegar al sitio donde se encuentran los géiseres y permitiendo a los visitantes tener un tiempo para observar la emanación de vapores a la luz de las primeras horas del día. Luego de sacar fotografías, tomar desayuno y caminar, los buses deben comenzar el descenso, ofreciendo otros destinos de visita posibles.

Al ascender a este sitio mi interés es diferente. Me interesa retratar los restos geotérmicos con la luz de la tarde y continuar investigando la historia de estas exploraciones subterráneas. Esta es una de las fotografías (figura 18) que tomé al encontrarme con uno de los pozos en el Tatio. Me hace recordar las palabras de Miguel: “Están todavía esos pozos. El pozo más profundo fue de 1937 metros. Todavía me acuerdo” (entrevista, Toconce, 13 de marzo 2019). El relato de Miguel nos sugiere que este pequeño cilindro oxidado en el paisaje es la cara visible de un pozo profundo. Sin embargo, en la imagen aparece también el trazado de otra trayectoria. El cono de un géiser. Esto no sólo se apreciar en la imagen. Al momento de tomar esta fotografía escucho el sonido del agua en su interior. Si el aspecto visual del pozo sugiere el abandono de su función, siendo una ruina de una exploración, el sonido afirma la presencia de aguas subterrá-

nea que puede aparecer. Hay que tener cuidado y no acercarse a estos géiseres, ya que la explosión de agua puede ocurrir en cualquier momento. La presencia del cono y el sonido es una advertencia.



Figura 18: Resto visible de un pozo de exploración. En la imagen también se puede ver un pequeño cono producido por la presencia del géiser en el Tatio; Elaboración propia (2019).

La figura 19 es un registro de un géiser en erupción. Este lugar es un valle atravesado por géiseres que descargan chorros de agua caliente. Esto provoca una atmósfera de vapor y sulfuro, irrumpiendo las trayectorias del agua termal del subsuelo en la superficie. Las erupciones de los géiseres provocan conos fruto de la precipitación de minerales. Esta imagen expresa la culminación del proceso de ascensión del vapor. El vapor en las primeras horas de la

mañana, cuando la temperatura del lugar es baja, forma grandes columnas que atraen visitantes de todo el mundo. Se pueden ver las huellas de los zapatos en la superficie del lugar. Pero a estas horas de la tarde ya estos grupos se han ido. La experiencia de estar aquí no es solamente visual. Se trata de un fenómeno sonoro, ya que se escucha el agua hervir. Son múltiples las manifestaciones en este lugar. Por los orificios de los géiseres, aparentemente apagados, se pueden escuchar sonidos y la acción del agua. Al igual que lo señalado en los registros de las exploraciones descritas en el capítulo 2 es *un fenómeno intermitente*, pero ahora me toca experimentarlo de manera directa. El agua no hierve o hace erupción de manera constante. Sus erupciones y los sonidos varían. Al caminar por el lugar van cambiando y sorprendiendo al visitante.



Figura 19: Géiser en erupción. Tatio; Elaboración propia (2019).

Volviendo a la imagen del pozo, los conos de los géiseres (figura 18) se producen fruto de un proceso de precipitación material, haciendo visible las trayectorias temporales y espaciales del agua. Trato de tomar una de las rocas que forman los conos y se deshace. Son rocas que se desintegran en diferentes colores.

Francisca, geóloga e investigadora del CEGA, hace años trabaja estudiando el Tatio, realizando muestras de agua de las erupciones de los géiseres. Conver-

sando con ella en el Departamento de Geología de la Universidad de Chile, me ayuda a intentar entender el viaje que realiza el agua hasta hervir en la superficie presente en la foto.

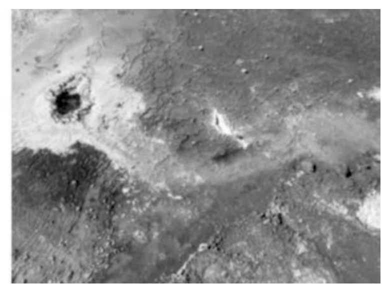



Figura 20: Fotografía de los géiseres y sus procesos de precipitación mineral; Elaboración propia (2019).

Siguiendo con Francisca los recorrido del subsuelo, me enseña que el agua viene: "De un acuífero que está como a 600 metros, bajo el nivel del suelo. Esa agua está a 300 grados" (entrevista, Santiago, 20 de mayo 2019). Pero también la historia temporal "El agua tiene mas o menos 20 mil años. ¿Y cómo se forma un sistema así? Es porque generalmente, hay un sistema magmático abajo, digamos lava o magma en la parte interna de la tierra y hay agua que circula alrededor, que generalmente es agua de lluvia y se calienta. Al calentarse sale por fracturas y se generan estas termas" (Francisca, entrevista, Santiago, 20 de mayo 2019). El origen inicial es agua que viene desde el Océano, se transforma en nieve y luego se infiltra en las napas subterráneas. Este es un proceso que toma tiempo y puede demorarse miles de años. "El agua abajo el Tatio está en contacto con la roca y como está tan caliente empieza a disolver la roca, pero después sale. En el reservorio, (el agua) está bajo una cierta presión, y a una cierta temperatura. Generalmente, a una temperatura de más de 200 grados" (Francisca, entrevista, Santiago, 20 de mayo 2019).

Junto a Francisca aprendo que la intermitencia del fenómeno y sus variaciones siguen siendo una incógnita hasta el día de hoy. ¿Qué es lo que ocurre durante el ascenso hacia la superficie, desde el reservorio caliente de agua en contacto con el magma, que provoca que el fenómeno sea intermitente? Los géiseres al presentar procesos de erupción, para una investigadora como Fran-

cisca significan un laboratorio natural para estudiar procesos eruptivos de volcanes, ya que se comportan de manera similar. Son esporádicos con un comportamiento caótico variable, pero con una recurrencia en el tiempo que ella busca monitorear.

Esta intermitencia se relaciona a lo que Francisca denomina *la trampa de las burbujas*. Para ella es un proceso que ocurre "Antes que venga la erupción. Viene como un montón de burbujas calientes, y eso calienta todo el conducto y se genera la erupción. Entonces ese proceso, de que sale ese chorro caliente, es esporádico. Entonces, ¿Qué geometría, tiene que haber? (...) hay construcciones geométricas que hacen que se genere esta variabilidad. Entonces, el hecho de que, por ejemplo, esta trampa de burbujas, este, no sé, más cerca de la superficie, que sea más grande, que sea más chica. Eso es lo que les da la variabilidad a los distintos tipos de géiseres" (Francisca, entrevista, Santiago, 20 de mayo 2019). Con sus explicaciones voy aprendiendo que se trata de una geometría y cavidades interiores, conductos que explican el ascenso del agua y vapor en diferentes momentos. Para la científica, se trata de un fenómeno especial, ya que los géiseres son una anomalía. Me cuenta que hay una configuración especial en las propiedades de las rocas o el subsuelo para que este fenómeno se genere y que no sea sólo una terma.

La explicación de Francisca sobre la erupción de los géiseres tiene que ver con que el agua al ascender experimenta un cambio de fase: "El agua en los géiseres está cerca del punto de ebullición. Entonces, tu le agregas un poquito más de calor y va a hacer erupción. Y va a hervir. Va a hervir instantáneamente. Entonces, al empezar a hervir, y salir el agua, se empieza a despresurizar y la columna de agua comienza a bajar en la medida que empieza a ser erupción hasta que queda vacía. En el fondo. Por eso tú necesitas, ese input de calor que genera; que es el poquito de combustible que va a generar que toda la columna hierva" (entrevista, Santiago, 20 de mayo 2019).

El agua intermitentemente realiza erupciones, pero el rastro va quedando es la silueta del cono del géiser. Conos que puede ser entendidos como trazados geológicos dejados por el proceso de ascensión del agua caliente en el tiempo. Francisca, explicándome el proceso de formación de los conos, me cuenta que primero el agua caliente en el reservorio comienza a disolver la roca. Entonces al subir a la superficie el agua contiene el material disuelto, enfrentando una transformación de su temperatura. Frente a estos cambios, los minerales ya no son estables en esa solución y se vuelven sólidos. En el proceso de pasar a ser sólidos, precipitan en la parte exterior y generan estos conos. Su forma cónica sugiere el movimiento del agua que viene desde el interior, como queda

expresado en la imagen (figura 19). Sin embargo, no se trata de trazados que solamente reflejan un pasado geológico. Al observar la actividad de los géiseres, noto que se trata de un proceso de erupción continuamente activo. Al prestarle atención a las rocas, su precipitación es parte de la vida de este lugar.[3]

3.2 Pozos (in)visibles: Las políticas del agua subterránea

Continuando con los restos de las exploraciones, uno de estos pozos tuvo un rol activo en un evento determinante para los futuros de la energía geotérmica en Chile. Durante la primera década del siglo XXI, bajo el denominado *boom* geotérmico, el Estado entregó concesiones de exploración a lo largo de la cordillera de los Andes chilenos, incentivado por la necesidad de explorar fuentes alternativas para descarbonizar la matriz energética. Esto coincidió con la puesta en marcha de la Ley geotérmica, activando el interés por aprovechar la energía del subsuelo. El año 2009 la empresa Geotérmica del Norte S.A., apoyada por la empresa italiana ENEL, explorando el subsuelo del Tatio, realizó una perforación que provocó el estallido de una columna de vapor, cuya descarga duró veintisiete días, alcanzando los sesenta metros de altura (Vargas Payera, 2018).

La erupción de la fumarola fue seguida de fuertes ruidos subterráneos y la disminución de algunos de los géiseres del campo. El evento hizo presente dimensiones (literalmente) más profundas en este sitio: pozos abandonados en el subsuelo. Esto lo confirma Alfredo Lahsen, geólogo encargado del programa de exploración de la CORFO y PNUD entre 1968 y 1976, bajo las cuales se realizó este pozo. Volviendo a la conversación con él en el departamento de geología de la Universidad de Chile, le muestro las fotografías de las máquinas y pozos

---

3 Cabe señalar que el origen de la vida podría haber estado en zonas termales con estas condiciones. La presencia de microorganismo *extremófilos* en los géiseres ha sido considerada como evidencia para estudios sobre el origen de la vida, debido a su resistencia a la temperatura y la capacidad para lograr vivir en condiciones extremas (Para saber más sobre el estudio de vida microbiana ver Dorador et al. 2009). Pero tal como plantea Weinberg, González & Bonelli (2020), mientras para los microbiólogos el agua ofrece las condiciones necesarias para el desarrollo de la vida, para las comunidades atacameñas el agua es vida en sí misma. Su protección ha sido uno de los argumentos utilizados para defensa de la vida de la zona en la actualidad por activistas contra la sobreexplotación de acuíferos de parte de las empresas de litio (Weinberg, González & Bonelli, 2020). En este caso la evidencia científica ha ayudado a resistir y cuestionar los imaginarios geográficos del Desierto Atacama como un espacio sin vida.

abandonados. Me cuenta que el pozo que provocó la explosión del 2009 fue realizado en el año 1974: "Ahí abajo (el pozo) se había oxidado, se había corrido un poco, entonces se quebró y salió el chorro de vapor del pozo del 74. Explotó de nuevo el pozo. Y estuvo saliendo (el chorro) del pozo antiguo, se rompió la base de las tuberías" (Alfredo Lahsen, entrevista, Santiago, 9 de enero 2019) .

Esta explosión hizo estallar la exploración, desestabilizando los futuros geotérmicos del lugar y generando la reacción de las comunidades lickanantay, atacameñas *y* organizaciones locales, quienes crearon el comité por *la defensa del Tatio* (Bolados, 2014). Pero el conflicto tiene una historia anterior al evento del estallido. Un lugar para seguir registros de los hechos, y como se negoció la evidencia, son los archivos del SEA. El 22 de Agosto del año 2007 se ingresó al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)[4] el proyecto *Perforación Geotérmica Profunda El Tatio, Fase I* (SEIA, 2007).

Desde un comienzo, el proyecto de la empresa Geotérmica del Norte S.A. fue considerado una amenaza y generó la oposición de comunidades en San Pedro de Atacama, organizaciones sociales, ambientales y agentes del turismo en la región a partir del año 2007. Durante el proceso de evaluación en el SEIA (2008), quienes se oponen al proyecto demandaron que se presentara evidencia mostrando que las exploraciones no tendrían efectos en los géiseres. La comunidad Atacameña de San Pedro de Atacama puso en el centro el carácter sagrado del lugar y los efectos potenciales del proyecto en los géiseres[5]. Desde

---

4 Este sistema es un instrumento destinado a la evaluación y predicción de impactos generados por proyectos con potencial impacto ambiental. Los proyectos susceptibles a generar un impacto ambiental se puede ejecutar previa evaluación de este mecanismo. Es un proceso que permite acreditar el cumplimiento de la regulación de la Ley N° 20.417 (2010) y realizar modificaciones si es necesario para obtener la autorización del proyecto. Es un proceso administrativo que se desarrolla en línea, dejando un registro de los documentos del proceso de evaluación, tanto las resoluciones por parte de los organismos del Estado como las observaciones ciudadanas.

5 En la resolución exenta del SEIA quedó el registro de las observaciones ciudadanas realizadas por Consejo de Pueblos Atacameños y Comunidad Indígena de Toconce, en la que se dan más detalles sobre la historia de este lugar: "Traemos al recuerdo una antigua leyenda. En la época lejana un cerro conocido como Tata-Machu -o 'Abuelo Grande' en lengua nativa- fue estremecido por la ira de la madre tierra. Cuando por fin se calmó su ira, los habitantes de los alrededores de los ayllus vieron salir extraños chorros de vapor y agua, desde ese momento al Tata-Machu lo llamaron Tata – Iu, 'El Abuelo Grande ahora llora' arrojando chorros de lágrimas con los ojos abiertos hacia el cielo. Así fue cómo Abuelo Grande comenzó a tener un nuevo nombre. Pasaron muchos años

sus argumentos plantearon que no existían estudios acabados que garantizaran que las exploraciones no tendrían un impacto. Para esto se cita el caso de Nueva Zelanda donde se han demostrado efectos de la geotermia en las manifestaciones geotermales.

Uno de los argumentos que la empresa Geotérmica del Norte S.A. y las autoridades ambientales utilizaron para responder este ámbito de la controversia durante el proceso de evaluación es la ausencia de una línea de base para establecer el impacto del proyecto. Señalan la ausencia de registros sobre monitoreo de las manifestaciones realizados por las exploraciones de la CORFO y el PNUD entre 1968 y 1976. Sin embargo, la comisión regional al aprobar el proyecto de exploración señaló que los estudios científicos y antecedentes presentados por la empresa fueron validados por las autoridades. Sin embargo, se reconoció en el punto 13.8.3 de la resolución exenta del SEIA "La prácticamente inexistente línea base y las incertezas hidrogeológicas y termodinámicas propias de la exploración a realizar" (SEIA, 2008:55). La comisión respondió a estas incertezas por medio de la existencia de un plan de monitoreo a los géiseres: catastro, mapeo, fotografías, muestreo de manifestaciones representativas que siguiendo su forma, horario, frecuencia, duración, medición de la altura de las descargas y su temperatura.

La empresa respondió a esta demanda ofreciendo llevar a cabo un monitoreo para medir los impactos futuros (realizado por la misma empresa y no por un órgano científico independiente). Las autoridades asumieron en el informe la falta de evidencia para establecer la conexión entre las aguas subterráneas y superficiales. Sin embargo, la incertidumbre asociada no fue considerada como argumento para detener el proyecto. Se trata de una incógnita que queda abierta. El 8 de septiembre del 2008 la Comisión regional del medioambiente aprobó el proyecto, dando pie al inicio de las perforaciones (SEIA, 2008).

Un año después que el proyecto fue aprobado, nueva información aparece al leer los informes y registros de la fiscalización de las faenas (SEIA, 2009). Durante los trabajos de perforación, la empresa utilizó uno de los pozos abandonados por el programa de exploración de la CORFO el PNUD entre 1968 y 1976. Al reactivar esta perforación se produjo un estallido de vapor de 60 metros, que duró 27 días. Como se describe en el Informe de contingencia fruto del incidente: "El día 8 de septiembre se procedió a reinyectar el fluido al pozo,

---

hasta que su nombre derivó a Tatiu y finalmente en Tatio que es como lo conocemos hoy. ¿Quedaran siquiera 'lágrimas' para lamentarnos mañana?" (SEIA, 2009:93).

ante lo cual se produjo una emanación de vapor (fluido geotérmico) en temperatura y presión desde el pozo" (SEIA, 2009:16).

La imagen de esta explosión (figura 21) circuló por la prensa del país (Argandoña, 2009). Los primeros en alertar la fuga fueron los guías turísticos. Ellos son los primeros en denunciar el fuerte ruido subterráneo y la presencia del chorro a 4 kilómetros de las manifestaciones (Rojas, 2009). Se detuvo la exploración y la empresa tuvo la responsabilidad de detener la fumarola. Frente al estallido bomberos tuvo que acudir al lugar del incidente, demorando semanas en controlarlo. Según las palabras del geólogo Alfredo Lahsen en el diario *La Tercera* "Las obras se hicieron en instalaciones que llevaban más de 30 años sin funcionamiento, lo que pudo facilitar una fuga" (Fernández, 2009:21).



Figura 21: Estallido de una columna de vapor fruto de las labores de perforación de una exploración geotérmica; Fotografía tomada por Gerard Prins, 27 de septiembre de 2009. Accedido a través de Wikime dia. Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0).

La imagen de la fuga y el descontrol de la exploración desató el malestar con el proyecto. El chorro trascendió la escala del lugar, convirtiéndose en un evento mediático nacional. Junto al chorro emergieron diversas protestas contra el proyecto. La reacción vino desde la ciudad de San Pedro de Atacama, desde donde se organizó una marcha llamada *la caminata del perdón*, en donde los ma-

nifestantes marcharon hasta el Tatio para pedir perdón a la naturaleza por el daño causado, protestando con letreros frente a las instalaciones de la exploración (Rodríguez, 2016). Esto fue acompañado con una protesta con banderas negras en la plaza de armas de San Pedro de Atacama. Otra de las formas de protesta y resistencia de las comunidades Lickanantay contra el proyecto geotérmico fue la caminata realizada por Sonia Ramos y Amelia Mamani desde esta ciudad hasta Santiago para protestar contra la intervención y revindicar el Tatio como cerro tutelar y *mallku* sagrado más que sitio turístico (Ramos Chocobar & Tironi, 2022; Bolados, 2014).

Volviendo a las fuentes del incidente, el estado material del pozo jugó un rol relevante en la explosión. Durante el proceso de evaluación del impacto ambiental no se logró detener la exploración. Lo particular de este conflicto es que las protestas se desataron a raíz de la explosión del chorro de agua y vapor. Al emerger el chorro de una manera visible y descontrolada, la evidencia se transformó. La imagen de la fumarola de vapor se convirtió en evidencia del fracaso de la exploración, su descontrol y daño al lugar. Lo que movilizó el fin de las exploraciones fue el estallido del chorro, su impacto y contexto político. A su vez, el despliegue de las protestas se insertan en conflictos socioambiental mayor en relación a la desposesión del agua. Para esto es necesario explicar más sobre el contexto legal y político del agua en Chile.

Durante la dictadura militar de Agusto Pinochet se dictó el código de aguas (Decreto con Fuerza de Ley N°1122, 1981), siguiendo la doctrina neoliberal y la instauración institucional de políticas económicas de libre mercado, actualmente vigentes[6]. La particularidad del código de agua chileno consiste en entregar derechos de agua a perpetuidad. Quienes poseen un derecho de agua no tiene que pagar impuestos por poseerlo en el tiempo. Tampoco se les obliga a usarlos y no es regulado por el Estado. Estos principios se instauraron bajo la ideología de no invadir la libertad privada (Bauer, 1998). El efecto que generó este régimen tuvo enormes consecuencias en términos de la compra de derechos de agua para la minería, concesiones a capitales de inversión extranjeros y graves consecuencias en términos de desposesión del agua para comunidades a lo largo del país. El agua en la actualidad es una fuente continua de conflictos socioambientales.

Volviendo a la controversia sobre la exploración geotérmica, uno de los aspectos aún no regulado y que actualmente es materia de conflicto son justa-

---

6 En términos generales, reforzó la propiedad privada introduciendo mecanismos de mercado, recortando el poder regulatorio del Estado (ver Bauer, 1998).

mente las aguas subterráneas. La explotación y exploración geotérmica se encuentra regulada por la Ley N°19.657 (2000), en la cual se establece que la concesión geotérmica tiene el derecho de aprovechamiento de las aguas subterráneas alumbradas. Este concepto se refiere a aquellas aguas que surgen al explorar y es un derecho de aprovechamiento inherente a la concesión, establecido en el artículo 27 (Ley N°19.657, 2000). Sin embargo, el derecho de aprovechamiento del agua alumbrada de las concesiones geotérmicas tiene el potencial riesgo de traslaparse con derechos de agua vinculados a concesiones mineras. En la actualidad esto no esta regulado y provoca juicios legales entre las partes interesadas.

De acuerdo al trabajo de la abogada Daniela Rivera (2015), tradicionalmente las aguas subterráneas han sido las grandes olvidadas en las legislaciones. Si bien forman parte del ciclo hidrológico, y están interrelacionadas con las aguas superficiales, han sido escasamente reguladas (Rivera, 2015). Entre otras razones, este olvido se debe tanto a que están ocultas a nuestros ojos, como a un vacío de regulación coherente al marco jurídico en el que se inserta el código de agua del país.

El agua es un actor principal en este conflicto, como ya ha sido señalado. Bajo el código de agua, si bien se consagra que el agua es un recurso público, el Estado puede entregar derechos privados de aprovechamiento en todo el territorio chileno. Como explica Bauer (1998), son bienes nacionales de uso público, que les pertenece a todos los chilenos y no puede ser alienado de la propiedad pública. No obstante, el código fortalece el control privado por medio de estrategias sustentadas en el hecho de que los derechos de agua se encuentran separados de la propiedad de la tierra. Esto tiene consecuencias en el caso de estudio. Específicamente, debido a las características del código de aguas explicadas es posible comprender por qué, si bien la Ley N°19.253, conocida como *Ley Indígena*, reconoce los derechos de las comunidades sobre sus territorios, no prohíbe la posibilidad de entregar concesiones para explorar reservorios geotérmicos y otorgar derechos sobre las aguas subterráneas.

Si bien la exploración fue aprobada dentro de un marco legal, la explosión del chorro de agua y su imagen transformó el escenario y las evidencias en juego. Luego de las protestas, las autoridades decidieron la paralización de las faenas y fiscalización de los procesos de exploración. Específicamente, la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta determinó la responsabilidad de la empresa Geotérmica del Norte S.A. de resolver el accidente (SEIA, 2010), frente a lo cual la empresa respondió cementando el pozo. Pero a su vez, la Comisión ejerció una multa a la empresa de 500 UTM por in-

cumplimientos de las condiciones requeridas en la resolución de calificación ambiental, como se señala en la resolución del proceso sancionatorio del SEIA (2010). Estas condiciones consisten en el incumplimiento del diagnóstico del estado de los pozos utilizados. A estas razones se suman incumplimientos en materia de prevención de riesgo y salud ocupacional; control de accidente; seguridad de los trabajadores; evaluación de riesgos operacionales; equipos de emergencia; delimitación de áreas con presencia de vicuñas y vizcachas; impacto en la pérdida de suelo; delimitación de la flora y fauna; alteración del valor arqueológico, ecológico y paisajístico, entre otras.

Al leer el documento del SEIA (2010), el efecto de la exploración geotérmica en las aguas subterráneas y los géiseres se encuentra ausente. Se mencionan los daños en términos de paisaje, pero el agua permanece invisible en los documentos. Si bien las protestas posicionan como elemento central el agua, el proyecto se clausura utilizando evidencia y argumentos que no hacen referencia a los efectos sobre el agua subterránea y los géiseres. Hasta el día de hoy, es posible observar en los registros actuales de las concesiones geotérmica que la empresa Geotérmica del Norte S.A. aún posee los derechos del agua subterránea. La imagen del estallido de vapor y toda su capacidad política, trae un nuevo régimen de visibilidad para detener la exploración. Sin embargo, los efectos de este conflicto en el agua subterránea de este lugar —desde un punto de vista oficial—permanecen invisibles.

3.3 La inaguración de Cerro Pabellón

Si bien esta controversia a escala nacional afectó la imagen de la energía geotérmica y detuvo el desarrollo de la geotermia en el Tatio, sitio icónico del turismo y la investigación geocientífica, no implicó el fin de sus promesas. Como mencioné en la introducción, un hito para la geotermia fue la inauguración de Cerro Pabellón, la primera planta en producir electricidad a partir de un sistema geotérmico en Chile y Sudamérica.

El desarrollo de este proyecto se encuentra asociado al conflicto del Tatio relatado en el apartado anterior. Luego de la erupción de la fumarola, y la controversia generada, la empresa Geotérmica del Norte tomó la desición de abandonar este proyecto y moverse hacia el sector de Pampa Apacheta, a uno 60 kilómetros aproximados hacia el norte en la comuna de Ollagüe.

Desde la perspectiva de las geociencias, este es un campo geotermal con una historia diferente. Desde la investigación geotérmica este se clasifica como

un *sistema geotermal ciego* ya que no presenta manifestaciones en la superficie tales como fumarolas, piscinas de agua caliente o surgencias termales (Morata, 2022). La categoría desde la que se clasifica este sistema ilustra y reproduce la metáfora de los sistemas geotermales como fenómenos invisibles. Curiosamente, el encuentro de este campo se dio en el contexto de una campaña de exploración de agua subterránea para abastecer proyectos mineros en en el sector, fruto de la perforación de un pozo desde el que comenzó a emanar vapor de agua a una temperatura de 88°C (Morata, 2022).

Luego de la controversia en el Tatio, el año 2017 la presidenta Michelle Bachelet inaguró la primera planta geotérmica en Chile. Durante este evento, las autoridades destacaron este hito como una demostración empírica de un camino de esperanza. Además señalaron que la planta posee una potencia de un total de 48 MW y "en plena operación será capaz de producir alrededor de 340 GWh al año, lo que equivale a las necesidades de consumo anual de más de 165.000 hogares chilenos, evitando la emisión a la atmósfera de más de 166.000 toneladas de CO_2 cada año" (Revista Nueva Minería y Energía, 2017, para 12). Esta perspectiva muestra cómo la promesa de electricidad se relaciona no solamente al potencial eléctrico, sino también al CO_2 que se deja de emitir.

La promesa de electricidad que se inagura también resuena con las primeras exploraciones en el Tatio y el futuro imaginado desde el vapor emanando en la superficie, ahora reactualizada en el contexto de políticas e iniciativas para enfrentar los desafíos del cambio climático. La liberación de vapor fruto de los pozos de perforación es celebrada como una orientación a seguir y una promesa de futuro.

La inauguración de esta planta ha sido leída desde diferentes perspectivas. Analizando las imágenes de la inauguración, (ver artículo *Central Cerro Pabellón abre paso a la geotermia en Chile* en la Revista Nueva Minería y Energía (2017), esta fue descrita como simbólica ya que ocurrió en la comuna de Ollague, y no en la misma planta la cual se encuentra a 4.500 metros sobre el nivel del mar. Las autoridades realizaron sus discursos en la inauguración con la imagen proyectada de fondo de la central.

La estética de la planta y sus futuros también han sido analizadas desde una perspectiva de arquitectura del paisaje (Bianchini, 2019). Buscando repensar las infraestructuras de energía, Constanza Bianchini proyecta en este tipo de infraestructuras una oportunidad estética y de diseño. Antes que una intervención tecnológica a ser ocultada de la mirada humana, el proceso de la planta, su medio y los elementos en juego pueden ser objeto de reflexión y diseño especulativo. En diálogo con la *arquitectura de la transparencia*, caracterizada por

exponer el sistema y sus circuitos, las máquinas antes que ser escondidas son estetizadas. Para el caso de la geotermia esta arquitecta del paisaje propone, ir un paso más allá y detenerse en el rol del vapor como parte de la infraestructura. Prestándole una atención estética al vapor plantea que: "Este caso nos ayuda a comprender que es posible activar programas en los espacios de intercambio de calor entre la infraestructura geotérmica y las variaciones climáticas del medio" (Bianchini, 2019, para 5).

Utilizando el registro de videos del proceso de construcción (Central Cerro Pabellón, 2017), su proyecto propone acercarse a la geotermia y sus futuros, desde una *arquitectura atmosférica*, que toma fenómenos metereológicos para repensar el diseño de infraestructuras de energía. Sin embargo, llama la atención que antes trabajar la variabilidad y fragilidad de estas atmósferas en la superficie, en su propuesta a un nivel discursivo también se refuerzan los imaginarios de la constancia. La leyenda de la imagen *Secuencia temporal de una planta geotérmica*, plantea que: "la energía geotérmica proporciona energía de base, constante, todo el día, toda la noche… y todo el año, sin intermitencias por el clima o las estaciones" (Bianchini, 2019). Sin embargo, como se describe a lo largo de los capítulos 1 y 2, esta proyección no se ajusta necesariamente con las experiencias de terreno geológico, ni con la variabilidad atmosférica de los géiseres en la superficie.

Volviendo a la inauguración, esta idea también es reforzada por los representantes políticos, quienes plantean: "Una de las particulares características de la geotermia es su capacidad de producir energía de manera continua, las 24 horas del día" (Revista Nueva Minería y Energía, 2017, para 15). En la inauguración se destaca también que al asumir desde entidades públicas (ENAP) y privados (ENEL Green Power) los costos asociados a los riesgos a la fase de exploración se eliminan una de las principales barreras asociadas al desarrollo de la geotermia.

Otro aspecto relevante de esta inauguración es que materializa la concreción de las promesas de comienzo del siglo XX de producir electricidad a partir de la energía geotérmica. La imagen utilizada es el hito de lograr encender la primera ampolleta en Sudamérica con energía geotérmica. Sin embargo, la inauguración de esta planta no ha significado una escalada en la utilización de esta fuente de energía para la producción de electricidad. Esto generalmente es explicado por expertos en geotermia como efecto de las condiciones de mercado y la bajada en los costos de la energía fotovoltaica. Si bien esta planta demuestra el aporte de la geotermia a la matriz energética, también hace visible su rol marginal en los balances de energía nacional (2019). Desde la perspec-

tiva de la producción de electricidad, si bien esta inauguración significó una concreción de las promesas de la energía, paradójicamente también plantea interrogantes sobre su futuro.

Además, durante la inauguración no se mencionan los conflictos socioambientales presentes durante el proceso de instalación, ni las disputas sobre el agua superficial y subterránea descritas en este capítulo. Particularmente, las comunidades indígenas de Taira y Pueblo de San Pedro se movilizaron frente al proyecto acusando pérdida de biodiversidad, contaminación del suelo, agua superficial y aguas subterráneas, entre otros impactos. Este conflicto se relaciona también a la regulación la energía geotérmica. Como se señaló anteriormente, la explotación y exploración geotérmica se encuentra regulada por la Ley N°19.657 (2000), pero, como explica Diego Morata, esta se encuentra "enfocada en el aprovechamiento eléctrico y se basa en que el recurso es de propiedad del Estado, posibilitando a un particular explotarlo mediante una concesión. No obstante, algunos artículos de esta ley no conversan necesariamente con el Convenio N°169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales de la OIT, ratificado por el Estado chileno en septiembre de 2008, cuyo objetivo es superar las prácticas discriminatorias y hacer posible que los pueblos originarios participen en la adopción de decisiones que afectan a sus vidas" (Morata, 2022:106-107). Este conflicto se enmarca en el contexto más amplio descrito a lo largo de este capítulo sobre las disputas del agua y sus legados en el Desierto de Atacama.

3.4 Los recorridos del agua y el abandono de la energía eléctrica en el Tatio

Volviendo al Tatio, las características físicas del agua en sí misma se resisten a ser una propiedad estable. El agua es fugitiva, se desplaza y cambia de forma, siendo incierto poder conocerla (Bauer, 1998). Una vez que las infraestructuras de exploración geotérmica entraron en contacto con el pozo abandonado, provocaron el estallido de vapor. La activación del agua caliente y vapor como recurso geotérmico del subsuelo, paradójicamente se transformó en evidencia de su presencia descontrolada.

Hoy en el Tatio, tuberías, pozos, instalaciones de oficinas y máquinas hacen presente el abandono de la geotermia en este lugar. Explorando en mayor profundidad las funciones e historias de estos restos llama la atención la popularidad de una de las infraestructuras abandonadas (figura 22). Posiblemente por su presencia visual en medio del campo geotérmico y su locación cercana a

uno de los puntos donde se acumulan la mayor cantidad de visitantes a tomar fotografías en el Tatio. Esta máquina crea conjeturas, incógnitas y recuerdos. Miguel me explica que es la bomba que acompañó el sondaje. El geólogo Alfredo Lahsen me cuenta que era una planta desalinizadora de agua.



Figura 22: Infraestructura geotérmica abandonada en el Tatio; Elaboración propia (2019).

Volviendo a la experiencia de visita, me acerco a mirar su estado material y tomarles fotografías a estos vestigios de exploraciones pasadas. Al tomar esta imagen los géiseres suenan cercas de mis pies desviando mi atención. Por el sonido, me doy cuenta de que estoy rodeado de pequeñas manifestaciones, burbujas que hierven. El agua caliente suena y se va mezclando con el viento. Si los restos de las exploraciones materializan una ausencia, el agua y su sonido, afirman una presencia diferente. El agua no solamente sale del interior, sino también de los bofedales en las laderas. El agua trascurre por el lugar, desordenando categorías de lo superficial y subterráneo. Estas aguas nutren y se mezclan con las manifestaciones, enfriándolas. El agua es caótica y circula por todo el lugar. Esto es algo que no había previsto antes de visitar el Tatio. El agua sigue su curso por el río Salado y la cuenca hasta Toconce y Caspana, dándole vida a ecosistemas andinos y vegas usadas históricamente para pastoreo.

En la visita a Miguel, me cuenta que de las vegas del Tatio sale el agua del río Salado. Al correr de sur a norte, el agua le pertenece a la comunidad de Toconce, es decir, a su comunidad. La posesión del agua es un tema sensible para las comunidades, insertándose en una historia de abusos y desposesión histórica de parte del Estado y las empresas mineras en el Desierto de Atacama.

"Detrás de ese cerro teníamos el bofedal más grande de la segunda región y CODELCO lo secó", me cuenta María. La ausencia del agua tuvo efectos en las prácticas locales de agricultura y pastoreo. Existe una memoria nítida sobre las empresas que fueron responsables en llevarse el agua. La ausencia del agua no es natural, como me explica Miguel: "Se llevaron todo el rio de aquí de Toconce". Tras la ausencia del agua, hay una responsabilidad de parte de empresas del Estado y las empresas privadas (Aguas Antofagasta, la Sanitaria, etc.).

Actualmente existe una agenda de investigación activa en la zona sobre la ecología política de los paisajes hídricos del Alto Loa (Para más información ver Prieto, 2015, 2016; Carrasco, 2016, 2020). En su trabajo etnográfico, Anita Carrasco, señala que cuando los jóvenes de la comunidad de Toconce preguntan a los mayores por qué permitieron que las mineras se llevaran el agua, su respuesta es que ellos no pudieron hacer mucho. Ellos señalan que vinieron personas a Toconce y les dijeron que el agua le pertenecía al Estado. En aquellos años nadie tenía títulos legales (Carrasco, 2016), ilustrando este caso el abuso de parte del Estado sobre territorios indígenas.

La vida de Toconce sufrió un daño a través de la desposesión del agua. El recuerdo de lo que ocurrió sigue activo en la memoria y sus rastros se reactivan constantemente en la lucha por los derechos de agua. Al llegar a Toconce, las cañerías oxidadas que acompañan la ruta forman parte de un paisaje del despojo del agua.

Sin embargo, el año 2004 Toconce logró recuperar 100 litros/segundo de derechos de agua que estaban en manos de la empresa Aguas Antofagasta SA, los cuales habían sido perdidos en 1967, con enormes consecuencias para la agricultura (Carrasco, 2016). Para María, esta recuperación se inserta dentro de las transformaciones que comenzaron a partir de la década de los años 90 con el retorno de la democracia: "Tuvo que salir el tema de la Ley Indígena y los reconocimientos de la CONADI, el 90 recién. Ahí, ya empezaron a reconocer que este territorio es de nuestro pueblo y nos pertenece (…) Nosotros somos los históricos, los que se atrevieron a demandar a aguas Antofagasta. Estuvimos 10 años en un juicio, y cuando estuvimos a punto de salir a la corte internacional, el fallo salió a favor de Toconce. Y el estado chileno nos reconoció 100 litros de agua".

Siguiendo las tecnologías locales para el uso del agua, uno de los artefactos centrales para la agricultura son los canales. La interconexión entre las aguas y el subsuelo es vivida desde los sistemas de canales. Conversando con María sobre las historias del agua cosechando habas, de pronto nos damos cuenta de que el agua comienza a inundar la parcela. La interrupción del agua del canal en la conversación reafirma el punto de María: "Si hay tierra y no hay agua, no hay vida". Para la comunidad de Toconce el agua es sagrada. Las montañas en el contexto andino son consideradas como una fuente de agua y ancestros protectores, con las que se interactua por medio de rituales en términos de reciprocidad (Carrasco, 2016).

Uno de los rituales fundamentales que celebra la presencia del agua es la llamada *Limpia de canales* que se practica en el mundo andino. La ceremonia consiste en que toda la comunidad trabaja sacando fuera los escombros y desperdicios que se han ido acumulando en el canal impidiendo el paso normal del agua (Matus, 1994). Hombres y mujeres son asignados con la autoridad para dirigir el trabajo (siendo nombrados temporalmente como jefes o *Purikamani*), comenzando por cerrar la puerta del canal y dando inicio a los trabajos de limpieza (Carrasco, 2016). Toda acción que se realiza durante la limpia de canales es acompañada por ceremonia y rituales al agua como elemento central para la vida (Matus, 1994). Durante este ritual se reactiva la memoria de la comunidad, constituyéndose el agua como elemento sagrado para la vida. Al terminar la ceremonia se celebra con el baile tradicional *pa atrás, pa adelante.* En la vecina localidad de Caspana también se realiza este ritual y se baila usando los instrumentos *solvares, clarines, cachos* y el baile tradicional llamado *chau-chau* (Matus, 1994). Esta autora cita la transcripción de los versos entregados por el caspeño Juan Colamar y el trabajo del antropólogo George Serracino, donde se menciona que el significado del nombre del baile tradicional *chau chau,* quiere decir "El sonido del agua corriendo por el canal y golpeando contra las piedras" (Serracino, 1985:399-410). En el rito la presencia del agua se vive desde el sonido y el baile.

Durante mi estadía en la zona también visité *La Librería del Desierto* en el Ayllu de Solor en San Pedro de Atacama buscando más fuentes históricas y registros etnográficos sobre este lugar. Conversando en la librería con Diego Álamos, creador de este espacio, me sugirió el libro: *Juan Colemar Recuerda: Visiones sobre Caspana* de Pablo Miranda, mostrándome el libro original, que actualmente se encuentra reeditado por él. El libro está basado en los relatos de Juan Colamar, la misma persona citada por George Serracino mencionado anterior-

mente. A través de los relatos de Juan Colemar en este texto, me encontré con la figura del *Sereno*:

> Nosotros en nuestro territorio tenemos el Tatio, con aguas termales que son buenas para la salud, el reumatismo. Los antiguos contaban que las aguas tienen su Sereno y verdaderamente así es. El Sereno anuncia la música en todas las fiestas tradicionales. Al tiempo que van a hacer la fiesta se sienten los cantos o instrumentos que toca, se siente. Por ejemplo, la banda instrumental del pueblo se fue a la vertiente, hizo una ofrenda y se pidió que viniera el Sereno a ellos para aprender la música. Y eso fue positivo porque aprendieron y Caspana tiene su banda instrumental actual. Está en todas partes donde hay aguas, pero todo depende de las personas, que sean del pueblo y entiendan su música. Por ejemplo, nosotros estamos aquí y vamos a buscarlo, entonces uno va con esa idea en la cabeza y justamente escucha eso. Yo lo he escuchado por la quebrada para arriba, el agua ahí está saltando y en el sonido del agua empieza a dar un tono y uno pone atención y sigue y sigue, sigue más… El Sereno no hace daño, él enseña la música y los cantos a los que le piden… A veces sucede que uno llega de repente a un ojo de agua, a una vertiente y se pone a tomar agua, entonces se enferma uno, entonces es que el agua, la vertiente se asusta. Hay que pegar un grito antes. Por ejemplo cuando uno va a Talikuna en el alto, ahí grita, porque en la quebrada los abuelos están durmiendo, entonces con eso despiertan y ya lo están viendo a uno y no le pasa nada. Igual en las vertientes, uno grita y ya se sabe que está, después puede tomar agua no más ahí la vertiente sabe que viene alguien, porque todo está vivo dicen pues, la Pachamama está viva, todo, todo. Por eso dicen los antiguos que hablaban con la piedra y hablaban con el agua (Miranda, 2019:99-100).

La historia antigua del Tatio está en el agua y sus movimientos. Su sonido se hace presente en la fiesta y la celebración de *La Limpia de Canales*. Por medio de los relatos de Juan Colemar registrados por Pablo Miranda, tuve la oportunidad de acceder a historias que no escuché en Toconce. Relatos menos visibles al ojo del visitante, que no se encuentran en los registros del conflicto. Ni tampoco son conocidos por los turistas. Al preguntar a la geóloga Francisca, quien durante años a realizado trabajo de campo en el Tatio, jamás ha escuchado de esta figura. Pero al seguir las trayectorias del agua, los registros etnográficos entregan posibles pistas sobre cómo los dominios subterráneos pueden ser experimentados.

La música en Atacama se encuentra fuertemente vinculada al agua, especialmente en ritos como la limpia de canales (Mercado, 2012). Desde trabajos en etnomusicología, este vínculo ha sido abordado a través de la figura del *Sereno*. En los trabajos del antropólogo Claudio Mercado (1996), *el Sereno* es descrito como un ser que vive en el agua, en las caídas de agua, donde suena el agua. Se lo relaciona al mundo sonoro y los instrumentos musicales, ya que tiene la capacidad de transformar el sonido del agua en música (Mercado, 1996). Desde su propia experiencia etnográfica y auditiva, Mercado describe la experiencia de ir a escuchar de noche al *Sereno*, acompañando a Abdón, cantor de Aiquina. Los músicos que quieren componer van de noche a escuchar el agua a ciertos lugares específicos en medio de las quebradas que corre el agua donde vive *el Sereno*. Ahí se sientan a escuchar, luego de orar ofreciendo vino y hojas de coca a la vertiente, la tierra y los antepasados. Describiendo uno de aquellos momentos:

> El agua cae principalmente de dos lados, a nuestra izquierda con un sonido grave y más hacia el frente, a nuestra derecha con un sonido más agudo, estamos un rato escuchando en silencio y Abdón dice ¿escuchai? ahí, señalando a la izquierda, el tambor, el tambor está clarito. Es un sonido grave que perfectamente podría sonar como tambor, le digo que no y comienzo a escuchar con más atención al lado izquierdo, ah, pero cómo no escuchai si está clarito, todo hablado en un murmullo, en una voz apenas audible, sobre nosotros suena el agua cayendo desde la vertiente en el acantilado, formando un estruendo delicioso, abajo la quebrada con sus matas de cortadera iluminadas por la luna, el rostro del Abdón tan cerca del mío, llenando por un segundo mi visión, ! ahí está, mira es así pum pum pum y me canta el ritmo del tambor de carnaval y entonces comienzo a escuchar un sonido grave que tiene un ritmo y un tono parecido al tambor de carnaval (Mercado 1996:83).

Narrando desde su propia experiencia, Mercado describe que cuando los músicos de las comunidades van a escuchar el agua se produce de pronto un salto; Se *serenan*. Los sonidos del agua y sus melodías, que Claudio distingue como melodías del agua, Abdón las escucha como el canto y la caja del carnaval. Se comienza a escuchar carnaval. El sonido del agua se transforma en música. Esto es un momento de terror para el músico que tiene que aguantar el miedo, pues ha aparecido *el Sereno*, el espíritu ambivalente *supay* o diablo como lo traduce Mercado, un ser poderoso que le puede entregar la música, pero si el terror lo vence puede volverse loco, desangrarse o morir. Por medio del trabajo de Mercado, se sugieren la relevancia de las propiedades del agua en sí mis-

ma. La capacidad del agua y su resonancia se hace presente en la música de carnaval.

Dentro de las investigaciones pioneras en etnomusicología y antropología en Chile, se encuentra los trabajos de María Ester Grebe, antropóloga experta en etnomusicología que escribió sobre *el Sereno*. En su trabajo es posible profundizar más sobre estas prácticas y la relación con el agua en la cultura atacameña:

> Los espíritus del agua se identifican como seren-mallku y su esposa seren-t'alla, quienes residen como Orfeo y Eurídico- en el inframundo. En este contexto, se les asocia a las fuentes de agua subterránea, vertientes, manatiales y ojos de agua. Se les vincula a las aguas en movimiento y sus sonidos naturales, por lo cual son considerados patrones de la música aymara. Como un fauno, seren-mallku toca la zampoña y convierte los sonidos naturales del agua en una melodía-generada-en-la-naturaleza. Los músicos humanos van a escuchar el canto del agua a las cataratas y vertientes. Allí reciben su lenguaje y su inspiración. Y podrán recordar las melodías rituales dictadas por Sereno (Grebe, 1986:146-147).

En estos relatos y registros etnográficos, se describe que las aguas subterráneas se hacen presente en ritos y prácticas, como la limpia de canales en las comunidades del Alto el Loa. La forma de hacerlo, es por medio de la resonancia de las melodías y la figura del *Sereno*.

Desde mi experiencia en el lugar, observando detenidamente los pozos desde la superficie, la materialidad y las trayectorias del agua resuenan aquí en el Tatio. El pozo que gatilló el chorro no es sólo un resto de infraestructura que perdió su función, cohabita con trayectorias del agua del subsuelo, las cuales lentamente han oxidado y deteriorado la maquinaria sumergida. El pozo es parte de la ecología del subsuelo y las trayectorias del agua enseñan que también la temperatura juega un rol en su estado material. El calor desde el interior se traspasa, influyendo en las transformaciones de los estados de la materia, expresado en la erupción del vapor que llega hasta la superficie.

Las aguas subterráneas irrumpen por medio del chorro y la controversia con las exploraciones geotérmicas. Al destruirse el pozo fluyendo el vapor descontrolado, emerge su capacidad política. Este estallido y los restos del pozo pueden leerse a la luz de la idea dialéctica de Gastón Gordillo (2014) sobre la *liberación de la destrucción*. Las máquinas que hoy destruyen pueden ser—a su vez—destruidas. En este caso, es justamente la reactivación de los restos abandonados, lo que causa el fin de la intervención tecnologica. Pero antes que sólo

reproducir una *ecología de la destrucción* (Gonzáles-Ruibal, 2008), este caso también permite describir las ecologías subterráneas en las que se encuentran sumergida las infraestructuras de exploración. En las profundidades del subsuelo del Tatio, estos vestigios apenas visibles, derruidos y oxidados, son parte de los dominios subterráneos. A ser instaladas estas infraestructuras destruyendo canales, rocas y sus porosidades, se interviene un ecosistema de aguas subterráneas.

El Tatio es un sitio icónico para la imaginación de los futuros de la energía geotérmica. Este capítulo ilustra como las formas de producir evidencia geotérmica del subsuelo para producir energía eléctrica, paradójicamente han desestabilizado sus futuros en este lugar.

Siguiendo las historias de exploraciones y pozos, es posible describir como estas tecnologías buscaron materializar las promesas de la energía eléctrica. Promesas tecnológicas relacionadas a también relacionadas a la minería y sus consecuencias en el Desierto de Atacama. Sin embargo, prestándole atención a restos de pozos y su convivencia en el tiempo con el agua subterránea surgen otros relatos geotérmicos, siguiendo los restos de estas infraestructuras, memorias y experiencias en este lugar.

La reactivación del pozo y el estallido de vapor significó un nuevo abandono de la exploración geotérmica mediante perforaciones, teniendo un impacto en la inversión privada en esta tecnología y pasar a ser percibida en los medios como una amenaza ambiental (Otero, 2015). A esto se suman también razones relacionadas a los costos y riesgos asociados (Sanchez-Alfaro, 2015). Interesantemente para el argumento de este libro, esto no significó el fin para la investigación geotérmica. Para el CEGA la disminución del interés privado por invertir en esta energía para la producción de electricidad implicó una transformación en sus planes iniciales. Como resultado el centro comenzó a focalizarse en proyectos de usos directos, principalmente desarrollando tecnologías para calefacción de ambientes. A su vez, esto fue acompañado de estrategias para involucrar una mayor participación local y visibilizar en los medios la energía geotérmica como un futuro potencial.

Sin embargo, esta transformación sugiere las siguientes preguntas: ¿Qué ocurre cuando las promesas geotérmicas no son imaginadas desde las lógicas de la electricidad? ¿desde qué evidencia son imaginados los futuros de la energía geotérmicas y cómo esto transforma sus promesas? En el próximo capítulo siguiendo estas preguntas retomo el contexto geográfico del sur de Chile donde comencé mi investigación.

4. Bosque

Las promesas de la energía geotérmica luego del conflicto descrito en el capítulo anterior sufrieron una transformación. La investigación geotérmica pasó desde un foco predominante del estudio del potencial de la energía eléctrica en el norte de Chile —asociada el Desierto de Atacama y sondajes mineros— hacia un mayor interés por estudiar con métodos indirectos (es decir estudiando la evidencia de la superficie sin realizar perforaciones) la geotermia del sur de Chile. Un territorio con un paisaje caracterizado por sus largas extensiones de bosques, lagos y ríos. En el valle de Liquiñe, donde me sumé a exploraciones geológicas (capítulo 1), no se ven huellas de sondajes asociados a la minería como en el Norte de Chile.[1]

Las exploraciones que se han realizado aquí tienen otra naturaleza. Su objetivo no es generar electricidad a partir del vapor de los reservorios de agua caliente. Más bien se explora por medio de estudio geológico midiendo las fracturas de fallas geológicas y de las propiedades del agua termal. Las muestras de agua caliente tomadas de surgencias permiten explorar su recorrido hacia la superficie. Por medio de estas muestras, las propiedades del agua posibilitan explorar el calor subterráneo. Estas formas de exploración hablan de una mirada geotérmica diferente al uso de perforaciones para obtener electricidad relatado en los capítulos anteriores. Además, otra diferencia guarda relación con el espacio y la geografía donde estas exploraciones se realizan, viéndose limitadas por la presencia del bosque. En este contexto, las exploraciones geotérmicas que describo en este capítulo interactúan de forma diferente tanto con los espacios subterráneos, como con las superficies del territorio.

1 En este valle la historia reciente de conflictos ambientales ha estado asociada al desarrollo de centrales hidroelectricas. Un caso controversial se encuentra vínculado a la muerte de la activista ambiental Macarena Valdés en el contexto de la movilización contra la central hidroeléctrica Tranquil (Hernando, 2017).

En este valle, en medio de bosques, la geotermia se experimenta en la superficie de manera directa en las surgencias de agua termal. Estos lugares han sido también transformados por miembros del CEGA en laboratorios para estudiar la surgencia de las aguas subterráneas que suben por rocas fracturadas. Aquí el CEGA, desde su oficina de proyectos ha desarrollado diseños de uso directo de la energía geotérmica. En este contexto las promesas de la energía geotérmica poseen una naturaleza diferente, buscando generar el apoyo de diferentes entidades estatales, comunidades de interés y oportunidades económicas asociadas al desarrollo del turismo. Esto también ha implicado el desarrollo de metodologías y diseños participativos para incorporar la perspectiva de las comunidades locales, por medio del enfoque de género y la involucración de comunidades indígenas en la discusión sobre la dimensión social de la energía. Un aporte fundamental del CEGA ha sido también su trabajo en términos de comunicación de las ciencias, desarrollado con proyectos vinculados al programa EXPLORA (ver Otero, 2014).

Durante el trabajo de campo asistí a la inauguración y talleres asociados a un piloto de energía geotérmica de baja entalpía[2]. Al estudiar las promesas de la energía geotérmica, asistir a una inauguración y los talleres asociados a este proyecto significó una oportunidad para describir los futuros que se buscan poner en práctica y los desafíos asociados a sus relatos. Una inauguración significa la materialización de un relato y sus promesas por medio de una *performance* política y científica. Particularmente, en este capítulo comienzo por analizar como interactúan en esta inaguración las promesas de la energía geotérmica y los imaginarios de la electricidad. En este capítulo muestro cómo en un contexto diferente, los imaginarios de la electricidad siguen delimitando los futuros de la energía geotérmica.

Luego de describir la inauguración, el capítulo se focaliza en los desafíos asociados al acceso en la superficie de este territorio en este contexto geográfico. Para conocer la geología de la falla, asociada al sistema geotérmico, no sólo basta con las rocas a la orilla de los caminos (forma de observación descrita en

---

2 *Uso directo de la geotermia para el sector productivo de la Zona Cordillerana de la Región de los Ríos: propuesta de un piloto innovador, de alto impacto social y sustentable con el medioambiente.* El objetivo de este proyecto es aprovechar el agua caliente de las termas para crear usos productivos definidos por la comunidad y promover nuevas asociaciones entre los integrantes. El proyecto es un ejemplo de utilizar los conocimiento científicos y tecnológicos del centro, combinados con metodologías participativas de ciencias sociales.

el capítulo 1), sino que es necesario recorrer otras superficies donde nuevas evidencias de la falla puedan emerger. Sin embargo, se debe tener presente que en la práctica hay áreas de la superficie a las que no se puede acceder, volvíendose el subsuelo invisible para la investigación. Por un lado, al explorar el subsuelo uno se encuentra con los límites de la propiedad privada, expresada en cercos y portones, a diferencia de la planicie y apertura del Desierto de Atacama. No siempre es posible acceder a un terreno para poder tomar las muestras y los equipos de investigación dependen de la voluntad de los propietarios.

Por otro lado, observé también que la interacción entre la geología y otras formas de conocimiento se produce cuando se necesita ser guiados por las superficies. Estas situaciones son fructíferas para observar cómo también la ciencia es guiada cuando se ve enfrentada a límites para desarrollar trabajo en terreno y las oportunidades que emergen fruto de estos desafíos. En este sentido, para poder lidiar con estos límites es central el rol de los guías locales.

En este contexto geográfico cubierto por bosque y alejado de la tradición minera del norte de Chile, el desafío para la investigación geológica es encontrar evidencias en la superficie que permitan estudiar los sistemas geotermales del subsuelo. El principal desafío para la investigación en este contexto es el acceso. Este capítulo analiza cómo estos desafíos fueron transformados en una oportunidad para reconfigurar las promesas de la energía geotérmica. Enfocándose en proyectos para usos directos del calor y el trabajo con comunidades locales, describo como la investigación ha sido vinculada principalmente a proyectos de educación para dar a conocer las posibilidades de sus usos y la relación con los imaginarios de la electricidad. Este capítulo comienza describiendo la inauguración de un proyecto de energía en este contexto geográfico, cómo se imaginan sus futuros y las diversas formas que toma la invisibilidad geotérmica.

4.1 Inagurando un piloto de uso directo

Participando como audiencia en la inauguración del proyecto, la invisibilidad de la energía geotérmica se hace presente al comienzo de la ceremonia por una de las autoridades locales de la corporación regional al tomar la palabra. La manera de comenzar hablando sobre la geotermia es haciendo referencia a la imagen de los volcanes de la zona, apelando a su imaginario. Explicándole al público, nos cuenta que si bien los volcanes por lo general se asocian a los desastres, las localidades de estos sectores pueden aprovechar su potencial: “Hay que

destacar que más del 80 % del territorio nacional está ocupado por zonas montañosas y tenemos más de 2 mil volcanes y es un tema que no se pone mucho en valor, es una oportunidad que hasta cierto punto está invisibilizada e iniciativas como estas, nos permiten identificar una oportunidad que facilita el desarrollo en las comunidades". Al escucharlo me pregunto a que se refiere con esta invisibilidad. Al llegar a este valle, uno de los rasgos más imponentes del paisaje, y esta región, son justamente los volcanes.

Al comenzar a exponer el potencial geotérmico, se comienza por el volcán como elemento visible del potencial del territorio. Pero también, desde un punto de vista político, los fenómenos geológicos son leídos bajo la óptica del desastre y su amenaza. La manera en que generalmente los profesionales del Estado tienden a abordar lo geológico, es desde la perspectiva del riesgo. Pero en este evento, y representando a la corporación de desarrollo regional, lo que se intenta presentar es que el recurso local de la geotermia no está siendo utilizado.

Para la autoridad, desde el punto de vista del Estado, el futuro de este proyecto de "llegar a buen puerto", se puede transformar en un programa de inversión en el territorio. El proyecto en sí mismo posee una temporalidad futura al ser un experimento impulsado por la Universidad y apoyada por el Estado. Se destaca como aporte de este proyecto identificar el potencial de uso directo de geotermia en este sector. Probar el uso potencial para la calefacción de hogares, secadores de leña, invernaderos, etc. "Actualmente el 65 % de la energía que consume el país proviene de combustibles fósiles, como el petróleo, como el diesel, que lamentablemente tampoco existen en nuestro país, por lo tanto, tenemos que importarlos. Eso significa, además de gases de efecto invernadero a nuestra atmósfera, significa no tener un control sobre los costos de energía eléctricas que finalmente siempre son los que pagamos todos nosotros. Pero el futuro es provechoso y, aquí se está viendo", agrega el representante de la secretaría regional del ministerio de energía.

Luego de estas palabras, es el turno de los científicos encargados del proyecto. El director pasa al escenario comenzando con las palabras: *¿Por qué Liquiñe? ¿Por qué estamos acá?* Preguntas que introducen la presencia de los científicos y científicas en la audiencia. Se comienza mencionando un estudio del SERNAGEOMIN que plantea el alto potencial geotérmico de esta zona. Volcanes, la presencia del agua y una falla geológica: El sistema de falla Liquiñe-Ofqui. El científico logra captar la atención de la audiencia. En su discurso, la geotermia es el futuro de Liquiñe. Pero también utiliza elementos del contexto donde se está desarrollando la reunión, como la lluvia que está cayendo afuera. "Me encanta la lluvia", explica por que ésta permite el paisaje de bosque que rodea

Liquiñe. Pero también son estas gotas de agua las que filtran por el suelo y van alimentando el sistema geotérmico que pasa por bajo los pies de Liquiñe.

Le cuenta al público como el interés por Liquiñe nació desde preguntas científicas. Hace más de 40 años se definió este sistema de fallas y todavía tenemos muchas incógnitas. Esto ha llevado al desarrollo de múltiples proyectos de investigación financiados por FONDAP, el fondo nacional de áreas prioritarias de ANID. Cuenta que la misma fuente de este financiamiento los llevó a la pregunta "¿Por que no buscamos fuentes de financiamiento para implementar un piloto y poder aplicar y utilizar de forma sustentable este recurso que nos da la tierra?".

La idea de utilizar la geotermia del subsuelo es el futuro que este centro busca promover. Para este propósito se utilizan diversas imágenes del subsuelo. Esta inauguración antes que ser un hecho aislado, es parte del esfuerzo por volver visible la geotermia a un nivel público. Para esto también hay un trabajo a nivel de comunicaciones y prensa donde científicos del centro a menudo promueven posicionar los potenciales de la energía geotérmica en el contexto del boom de las energías renovables en Chile.

Como ejemplifica su director en la columna en el diario el Mostrador del mismo año, *No ignoremos la geotermia* explica: "Nuestro país ha sido reconocido internacionalmente como un ejemplo en el impulso y desarrollo de las energías renovables, el desarrollo de la energía solar la posiciona en la tercera fuente de energía nacional. Hay que aplaudir ese hecho y seguir en ese camino, más a fondo, profundo, bajo tierra. Ya que además del Sol, tenemos la fortuna de contar con otra energía renovable inagotable bajo nuestros pies, la geotermia, que nos permitiría liberar a nuestra matriz de los combustibles fósiles" (Morata, 2019, para 3).

Desde el comienzo de la inauguración es posible notar como los imaginarios de la electricidad no sólo se hacen presente al imaginar los futuros de esta energía sino también la delimitan. Ejemplos se encuentran en el discurso del representante del Ministerio de Energía mencionado anteriormente, quién describe los desafíos de la energía en Chile principalmente como un problema en términos de la producción de electricidad. Esto contrasta con el enfoque del proyecto de usos productivos del calor de manera directa que se está inagurando. La producción de electricidad no es parte del uso potencial que ofrece el piloto. Sin embargo, las autoridades piensan el futuro de esta energía en esos términos. Si bien el balance nacional de energía (2019) del mismo año de esta inauguración muestra que la electricidad representó sólo un 21 % del consumo total de energía en Chile (Energía abierta, 2019; Ibarra, Vargas Payera & Mo-

rata, 2022), la perspectiva de generar electricidad predomina al imaginar los futuros de esta energía.

Tomando la perspectiva histórica descrita en este libro, la imagen de la geotermia como una fuente inagotable bajo nuestros pies también se relaciona con los imaginarios de la electricidad. Estas imágenes resuenan con el epígrafe con el que comienza este libro, donde el ingeniero italiano Domingo Mongillo imagina el futuro de la energía geotérmica transformando en energía eléctrica la masa de vapores que se pierde *inútilmente* en el aire, amasada en tubos alternadores y corriendo sin cesar día y noche. Los imaginarios de una fuente de energía constante nacen de la mano con la producción y la búsqueda de fuentes de energía eléctrica.

La idea de constancia también se relaciona a la comparación entre las energías renovables. Uno de los principales desafíos tanto de la energía fotovoltáica como heólica es su intermitencia. Por el contrario, la geotermia ofrecería una fuente de energía de uso continuo: "una característica estratégica, que no posee ninguna otra renovable: funciona día y noche, siete días a la semana, por lo que permite generar electricidad más del 90 % del año. En contraste, las energías renovables de más rápido crecimiento (eólica y solar fotovoltaica) son fuertemente dependientes del clima, por lo que tienen mayor dificultad para suplir demandas constantes o para realizar fluctuaciones planificadas" (Aravena, Muñoz Morales & Morata, 2022:65). Sin embargo, estas imágenes de la energía geotérmica como promesa de electricidad no necesariamente se ajustan a la experiencia del calor en la superficie descritas en este libro.

Incluso los imaginarios de la electricidad pueden delimitar y volver invisible la energía geotérmica. Como me ilustra unos de los investigadores del CEGA al explicar la invisibilidad de la energía geotérmica: "La geotermia no se ve, no es como la solar que tu puedes mirar, si efectivamente aquí me estoy quemando por el sol o mira aquí hace mucho viento". Desde el punto de la electricidad esta observación hace sentido ya que los reservorios con una alta temperatura, desde los que se podría potencialmente llegar a producir electricidad, se encuentran en el subsuelo ocultos a la vista humana. Sin embargo, al explorar la invisibilidad de la energía geotérmica y dejar esta descripción más bien como una pregunta abierta, es posible notar un registro más amplio de visibilidades en juego dependiendo del contexto.

Volviendo a la inauguración, el foco de interés del proyecto es la temperatura del agua. El diseño de la intervención es para utilizar la energía de las termas para otros desarrollos productivos. Para esto el ingeniero a cargo del proyecto comienza a contar de que se trata: "Cuando hay una fuente termal es-

ta energía se ocupa eventualmente con fines recreativos y muchas veces, lo que sobra se tira a un rio o simplemente no se ocupa". Pero a su vez, lo vincula con las necesidades locales. "Las redes de abastecimiento no son lo suficientemente buenas como para que lleguen las frutas y las verduras a un precio razonable y con una calidad adecuada. Entonces se podrías producir acá, con energía local y como el clima es como lo vemos hoy día, la única manera de garantizar un crecimiento parejo durante todo el año es proveyendo calor a un invernadero. Y ahí entonces el agua que se vote en la fuente termal o que no se ocupa el 100 % en la fuente termal puede ser ocupada para temperar un invernadero y así producir todo el año de manera constante."…"La idea no es que esto sea el piloto y ahí quede la cosa, sino que sea un punto de partida que se pueda ver que se puede implementar ese tipo de proceso productivo en este lugar por que tenemos fuentes termales".

Un aspecto fundamental de la tecnología es la temperatura. Es finalmente el calor que viene del subsuelo y emerge en las termas de la zona el que provoca que estemos reunidos aquí y la confluencia de diversos intereses. Es la energía y temperatura del agua, un fenómeno tanto a ser estudiado desde una perspectiva científica, como su potencial para ser utilizado de manera productiva. El plan de este proyecto consiste en usar los antecedentes y la actual investigación geológica, geofísica y geoquímica en el valle, para implementar una aplicación productiva de uso directo de la geotermia. Sin embargo, la novedad del proyecto es diseñar de acuerdo a las necesidades locales, definiendo la intervención con los interesados del lugar. El plan es dejar la idea abierta. Puede ser un proyecto de invernadero geotérmico, secador de leña, deshidratador de frutas, producción de quesos etc. El fin es diseñar un piloto productivo con un modelo de negocio sustentable en el tiempo y que utilice el potencial geotérmico de la zona, convirtiéndose en un ejemplo de implementación tecnológica con un sello local. Para esto el proyecto también contempla el desarrollo de talleres, actividades de educación y difusión. La idea es también que quienes participen sean dueños de termas interesado en generar un emprendimiento agrícola, que quieran asociarse con otras personas interesadas en nuevos emprendimientos.

Este proyecto ejemplifica la transformación en la investigación geotérmica y el cambio de enfoque en la búsqueda por encontrar narrativas para la energía geotérmica en este nuevo contexto. En este sentido, esta transformación tecnológica revela la intensión por combinar la producción de conocimiento con la involucración de las comunidades locales. Esta integración es realizada principalmente por la oficina de proyecto e investigadores e investigadoras en

ciencias sociales. Esto llevó a darle un mayor espacio en el diseño de los proyectos de uso directo al uso de nuevas metodologías, talleres, enfoque de género, conversaciones con actores locales, evaluaciones de necesidades locales etc. Pero algo fundamental en esta transformación fue la implementación de estrategias e innovación en la comunicación de las ciencias acompañando el proceso de producción de conocimiento.

La transformación en las promesas de esta energía llevó a la necesidad de llegar a las comunidades. Frente a esta transformación surgió el nuevo relato de una geotermia para la sociedad. Si bien en la primera postulación al concurso FONDAP, la palabra *social* o uso directo no aparecía en ninguna sola línea como me cuenta el director, el contexto general y el potencial de uso tecnológico los llevó a situar este ámbito en el centro del proyecto. Lo que se busca posicionar es que los resultados de la aplicación tienen consecuencias directas para las comunidades.

Durante la inauguración es posible observar esta transformación. Para el diseño del proyecto de energía, la idea es que la comunidad plantee de qué manera le gustaría aplicar la tecnología. Apelando a experiencias anteriores, cuando las decisiones las toman ellos u otras personas desde la capital no siempre funcionan. Por lo tanto, lo que se busca con este evento es captar el interés local. Dentro de la estructura del evento hay espacio para conversación y que las personas de la localidad imaginen ideas de potenciales aplicaciones geotérmicas.

Durante el evento la perspectiva de las ciencias sociales también se hace presente. Pasando al escenario, la coordinadora de la oficina de proyectos comienza pidiéndole a los participantes que se presenten y cuenten sobre que organizaciones representan. Esta dinámica comienza desde la segunda fila, teniendo que presentarse cada persona participando en el evento. Este gesto inmediatamente cambia la estructura de la sala, permitiendo tener una mayor claridad de quienes están presentes y lo hace un poco más cercano, quitándole el foco de atención de las autoridades, con el que comenzó la inaguración. A través de este ejercicio, me doy cuenta de que en la segunda fila se encuentran presentes no sólo los termeros locales sino la agrupación de guías de Liquiñe, representantes de las escuelas locales, agrupaciones de artesanos, dueños de camping etc. Se trata principalmente de personas y agrupaciones del lugar interesadas en el proyecto.

Una vez terminadas las presentaciones, comienza la ronda de conversación en torno a un almuerzo. En torno a las mesas de comida, los participantes comienzan a conversar de pie, dejando atrás la estructura de las sillas de la sala.

La principal dinámica que observo es el interés por acercarse a conversar con los geólogos y geólogas presentes, preguntarles más detalles, conversar sobre la geología del lugar y el proyecto de uso directo. También veo que dirigentes locales usan la oportunidad para acercarse a las autoridades. Estos son momentos para contar sobre las necesidades locales y establecer contacto con las autoridades. Observando a mi alrededor me doy cuenta del intercambio de números de teléfonos e ideas.

El objetivo de esta conversación es que los miembros del centro puedan conocer las percepciones y dudas de los miembros de la comunidad. Por otro lado, también saber quiénes están interesados en el proyecto. A los participantes también se les entrega un folleto que explica el proyecto. Este documento se busca que circule por Liquiñe y se titula: *¿Quieres sacarle partido al agua caliente de tu terreno CON UN NUEVO NEGOCIO? Buscamos dueño/as de termas de Liquiñe para crear un proyecto productivo de uso directo con geotermia ¡y nosotros lo financiamos!*

Noto que las personas se acercan a compartir sus ideas. Una señora se encuentra interesada en utilizar la geotermia para su producción de huevos y el potencial de calefacción para las gallinas. También los representantes de una de las escuelas locales se encuentran interesados en desarrollar el proyecto en sus instalaciones. Otra de las ideas que las personas traen es realizar un secadero de Maqui (o *Aristotelia chilensis* planta muy común en el sur de Chile, cuyos frutos tienen propiedades antioxidantes, y que se vende a altos precios en las tiendas naturistas y ecológicas de la capital del país). Pero también a las personas les interesa contar sobre fenómenos geológicos de Liquiñe y obtener explicaciones frente a los riesgos. Principalmente los posibles desastres que puedan existir. En este sentido, la voz de los expertos es algo que a la gente le interesa conocer.

Esta inauguración y ejercicio de conversación ilustra el vínculo entre investigación geotérmica y educación que este centro ha desarrollado. En este ejercicio, la visibilidad antes que ser un fenómeno dado, se produce junto a las comunidades interesadas en el uso de estas tecnologías potenciales. Además, esto contribuye a la conducción de investigación en términos de establecer puentes y posibilidades de colaboración con propietarios de terrenos con manifestaciones geotérmicas. El mayor desafío sin embargo, es la capacidad de este tipo de proyectos de continuar en el tiempo y mantener el interés público. El riesgo es que estas promesas y la instalación de infraestructuras geotérmicas vuelvan a convertirse en el futuro en restos abandonados, como describo en el capítulo 3.

Sin embargo, este proyecto también refleja el interés por visibilizar el trabajo científico y sus aplicaciones prácticas. Otro rol relevante es que un contexto de colaboración permite tener acceso a los sitios desde donde tomar muestras y conducir estudios científicos. Luego de participar en este evento en la mañana y la hora de almuerzo, ya en la tarde volvemos con el grupo a tomar muestras y buscar nuevos sitios de estudio. Con este objetivo en mente en el siguiente apartado describo los desafíos asociados al acceso para tomar muestras en los bosques del sur de Chile.

4.2 Buscando la orientación de un guía

Para lograr conocer la geología del valle de Liquiñe y sus alrededores es necesario recorrer las superficies y seguir sus rastros en el paisaje como lo aprendí en terreno. Si bien parte de la geología pueden ser estudiadas desde los caminos, existe un tramo particular de la falla que no ha sido estudiado: los cerros al sur del valle de Liquiñe. No existen publicaciones científicas que mencionen haber estudiado los rasgos geológicos de la falla en este sector. Poder llegar a este lugar se convirtió en una objetivo durante las exploraciones en las que participé. Acceder a este sector puede significar encontrar nuevos sitios de estudio con evidencias valiosas para los conocimientos de la falla geológica. Pero el desafío es cómo acceder.

Durante los primeros días la exploración estuvo abocada a encontrar guías para recorrer a caballo las huellas del sector que el grupo de geólogos y geólogas quiere estudiar. En estos cerros específicos que se quieren recorrer, no hay caminos por los que se pueda transitar en auto. La tarea se complejiza aún más con el paso de los días, ya que al preguntar en los puestos de turismo no hay información sobre como llegar hasta estos sitios.

Sin embargo, en la medida que va pasando el tiempo noto que existen caminos en medio de los cerros. La que a mis ojos parece una selva impenetrable, esta cruzada por caminos madereros. La gran duda del grupo es si estos son transitables o no. Para esto es fundamental ir con alguien que sepa, un guía que conozca como desplazarse por las montañas. Por lo general a las personas que poseen estos conocimientos se los llama *baqueanos*. Se trata de personas que saben trabajar en el *monte*[3], principalmente al tener experiencias buscando al ganado. Al dejarlos pastar el ganado por los cerros, tienen que luego pa-

3 Categoría local utilizada para denominar áreas empinadas e indómitas del bosque.

sar horas buscándolos. En este valle, y en el sur de Chile en general, se llama *baqueanos* a las personas conocedoras de caminos y las huellas necesarias para desplazarse por los cerros.

Desde una perspectiva histórica, la presencia de guías no es una novedad en las exploraciones científicas en estos territorios (Schell, 2019). Una figura que también ha sido clave en exploraciones militares. Es posible encontrar definiciones del concepto de *baqueano* a partir de su rol en las campañas de los ejércitos chilenos y argentinos en la ocupación militar del sur de ambos territorios. En el libro *Facundo o Civilización y Barbarie en las Pampas Argentinas* el político y escritor Domingo Faustino Sarmiento (1874) describe la presencia de esta figura:

> El Baqueano es un gaucho grave y reservado que conoce a palmos veinte mil leguas cuadradas de llanuras, bosques y montañas. Es el topógrafo más completo, es el único mapa que lleva un general para dirigir los movimientos de su campaña. El Baqueano va siempre a su lado. Modesto y reservado como una tapia, está en todos los secretos de la campaña; la suerte del ejército, el éxito de una batalla, la conquista de una provincia, todo depende de él. El Baqueano es casi siempre fiel a su deber; pero no siempre el general tiene en él plena confianza. Imaginaos la posición de un jefe condenado a llevar un traidor a su lado y a pedirle los conocimientos indispensables para triunfar. Un Baqueano encuentra una sendita que hace cruz con el camino que lleva: él sabe a qué aguada remota conduce: si encuentra mil, y esto sucede en un espacio de mil leguas, él las conoce todas, sabe de dónde vienen y adónde van. El sabe el lado oculto que tiene un río, más arriba o más abajo del paso ordinario, y esto en cien ríos o arroyos; él conoce en los ciénagos extensos un sendero por donde pueden ser atravesados sin inconveniente, y esto, en cien ciénagos distintos (Sarmiento, 1874:38).

Este pasaje expresa la centralidad del rol del guía al explorar nuevos territorios. Volviendo a la búsqueda de los guías realizada durante las exploraciones en las que participé, contactar guías es parte de la logística necesaria. Es una tarea que no se puede realizar desde Santiago. Es algo que no se puede planificar con anticipación, a los guías se los encuentra en terreno y según su disponibilidad en el momento. Pero también se puede volver un trabajo cansador y arduo al no encontrarlos. Al grupo le cuesta entender por qué es tan difícil encontrar a una persona que ayude a desplazarnos por los sectores asociados a la falla geológica. Sin embargo, la tarea de encontrar una persona no es fácil, amerita

tiempo y trabajo en terreno. El grupo trata de contactar a personas que han sido sugeridas como guías pero no contestan las llamadas.

Continuamos la búsqueda de guías preguntando en hoteles de la zona, llegando hasta la reserva de conservación *Huilo-Huilo*. Trabajadores de la reserva nos mencionan que los encargados de excursiones nos pueden ayudar a acceder a la zona, entregándonos sus contactos. En este lugar me doy cuenta de que el territorio al que se quiere acceder es parte de esta renombrada reserva del sur de Chile. La reserva Huilo-Huilo consiste en un área bajo protección privada de una extensión de 100.000 hectáreas. Se trata de un área de bosque templado lluvioso valdiviano que abarca una extensa área del territorio de los Andes Patagónicos de la Región de los Ríos. Esta reserva es un ícono controversial de la conservación por el acaparamiento de tierras y la expansión turística a gran escala[4].

Los encargados de las excursiones del hotel demoran en contestar. Continuamos la búsqueda de guías caminando por el pueblo, preguntando en la feria local, registrando contactos y números de celular. Al conversar con Marcelo en la entrada de su casa, desde dónde ofrece paseos a caballo nos cuenta que a los sitios que se quiere llegar no son parte de los recorridos frecuentes del lugar. Nos cuenta que una empresa forestal es la dueña. Esto me confunde, ya que el recorrido que queremos hacer es por un sector dentro del Parque de Conservación. Marcelo nos aclara que los dueños de la reserva son también dueños de la forestal, desde el punto de vista de la propiedad los sectores que queremos explorar tiene el mismo dueño.

---

4 Esto se explica principalmente por las dinámicas históricas en las cuales se encuentra emplazada la reserva. Una vez que se consolidó del Estado Chileno en estos territorios a finales del siglo XIX y comienzo del XX, esta zona fue integrada económica por medio de actividades forestales asociadas a la explotación del bosque nativo (Huiliñir-Curio, Zunino & De Matheus e Silva, 2019). Durante la década de los 60 y 70 durante la reforma agraria y el gobierno de la unidad popular de Salvador Allende (1970–1973), la zona vivió una fuerte agitación política y consolidación de cooperativas de producción popular, siendo un caso emblemático la creación del Complejo Forestal y Maderero Panguipulli (Barrena et al. 2016). Sin embargo, durante la dictadura militar (1973–1990) se desata un proceso de violencia militar sobre el complejo maderero y violación a los derechos humanos de los habitantes de la zona, emergiendo formas de resistencia popular, bautizada como *la Guerrilla de Neltume*. Fruto de las políticas de la dictadura militar durante la década de los 80 se produce la privatización de estos terrenos (Serenari et al., 2016).

Para entrar hay que obtener un permiso y además es necesario alguien de la empresa forestal, para saber cuales son los caminos indicados y no perderse. Marcelo nos sugiere: "Hay un chiquillo de la forestal quién hizo el camino, haber si se lo prestan". Los portones para entrar al sector son el principal impedimento para transitar. Marcelo nos menciona que hay un camino público sin portón hacia las lagunas, desde donde se pueden ver las rocas. Nos cuenta que son dos horas para arriba desde el camino principal. Sin embargo, el grupo es incrédulo del tiempo que señala para llegar a las lagunas debido a las imprecisiones de las indicaciones. De todos modos, nos preparamos para salir a la mañana siguiente a buscar afloramientos de rocas en los bordes de las lagunas. Esta posibilidad anima al grupo y la atracción por observar un territorio que no ha sido explorado. El gran imponderable en esta expedición es que no hay guía, y no ha sido posible encontrar uno hasta el momento. Los problemas respecto al acceso de la superficie, y por lo tanto, a la observación de evidencias geológicas, va volviendo invisible los dominios subterráneos en estas áreas.

4.3 Perdidos por una montaña cerrada

Siguiendo estas pistas nos internamos por un camino rural de ripio en mal estado. Se trata de una ruta principalmente forestal con troncos cortados a los costados del camino. Hay una cuota de aventura en el espíritu del grupo. Mientas ascendemos con la camioneta vamos escuchando y cantando *Sube a nacer conmigo hermano*, canción de la banda de rock folclórico chilena *Los Jaivas*. Composición basada en los poemas del libro *Alturas de Machu pichu* de Pablo Neruda y que inspira la búsqueda por los cerros desde los versos: "No volverás del fondo de las rocas / No volverás del tiempo subterráneo" (Neruda, 1976:38).

Al mismo tiempo, por medio del celular, el mapa y el GPS, intentan encontrar el camino para llegar a los sitios de estudio. "Ahí está", dice Juan, uno de los geólogos del grupo, señalando el camino ha seguir. Sebastián, también geólogo, le responde "El problema es que estos caminos pueden estar abandonados". Se trata de sectores que no han sido definidos en los mapas que ellos poseen y que al estar abandonados puede ser difícil el desplazamiento. Seguimos ascendiendo y consultando el mapa geológico, para ver por donde va la silueta de la falla. El mapa es una representación que permite al grupo científico orientarse en términos geológicos.

De pronto el ascenso se comienza a complicar, ya que el camino está en muy mal estado. Grietas, lodo y palos, son una señal de precaución y Sebastián

determina que no deberíamos continuar frente al peligro de quedarnos varados. Él, quien además maneja la camioneta dice que no puede seguir ya que no quiere quedarse enterrado y hace hincapié en que el auto es arrendado. Finalmente, el grupo decide que nos bajemos del auto y sigamos caminando hasta el lugar de estudio. El GPS indica que estamos a unos 6 kilómetros de las lagunas y, por lo tanto, podríamos llegar hipotéticamente a pie sin problema.

Nos aventuramos a caminar por el bosque orientados por el GPS. Si bien el instrumento señala que estamos cerca y vamos en la dirección correcta, al internarnos en el bosque es complejo saber cuál es la huella del camino. Una vez que los caminos forestales se comienzan a desdibujar, las bifurcaciones son ocasión de discusiones entre el grupo e incertidumbre. Las ramas interfieren el paso, generando inseguridad y confusión al tomar decisiones por donde desplazarse. La confusión es total.

Yo también comienzo a confundirme en mi posición de observador participante. Por un lado, me interesa dar mi opinión para no seguir perdiéndonos. Por otro lado, intento tomar distancia para ver qué cosas van pasando sin interferir demasiado. Noto un nervio en el grupo al enfrentarnos a caminos inciertos. ¿Qué conocimientos se usan en una situación como ésta? Las tecnologías con las que contamos no son suficientes para guiarnos en estos caminos. Seguir la producción de conocimiento toma un significado diferente en este punto. No sólo se trata de seguir a los actores, como este caso ilustra, sino también saber perderse con ellos y mantenerse en lo incierto.

"Si vamos caminando en línea recta acá hay un ensanche y nos quedamos justos a la salida de la laguna", explica Sebastián con el GPS en mano. La posibilidad de caminar en una línea recta hace sentido al mirar el mapa, pero en la práctica es imposible por la selva tupida. Los caminos tienen su propia vida; así como permiten llegar, también se cierran con el paso del tiempo. La representación que producen los instrumentos y la experiencia en este lugar se desfasa, y la exploración científica sin guía se desorienta.

—*Hay que ir detrás de ese cerro*—dice Juan. Nos movemos siguiendo las huellas gracias a troncos caídos que abren el camino, y a las pistas dejadas por los trabajadores de la madera. Estas pistas son cintas de color rojo que cuelgan de las ramas de los árboles y troncos pintados, los cuales constituyen signos utilizados por los trabajadores forestales y necesarios para ir interpretando cómo desplazarse en el bosque y la montaña. Pero movernos en el espacio se vuelve cada vez más difícil. Frente a esta situación tomamos la decisión de devolvernos.



Figura 23: Perdidos por la montaña; Elaboración propia (2019).

"Mira estamos acá, justo entre lo naranjo y lo rojo. Estamos entre…Rocas jurásicas y miocenas. Acá deberíamos ver la falla pero no la vemos", dice Juan mirando el mapa geológico. El grupo está desorientado respecto al camino y en términos geológicos tampoco se ven las rocas, y por lo tanto, lo subterráneo. "Así es trabajar en el sur. Está esquiva la falla. Puedes estar terrenos enteros sin ver nada", me explica Juan. Al estar perdidos se utiliza tiempo que podría ser empleado en medir rocas. Si no se ven rocas, la falla geológica se oculta. La falla geológica puede ser un fenómeno inestable y *esquivo* para la observación como me dice el geólogo. Como Juan me cuenta, en el sur de Chile al estar la superficie poblada por bosques, a veces puedes pasar días sin ver una sola roca. Es el efecto de los bosques y las superficies. La falla se pierde y se muestra cuando quiere. Finalmente son las rocas las que la hacen aparecer.

Finalmente, durante los recorridos por este sector logramos llegar a una de las lagunas. Esto significa un buen sitio potencial de estudio, ya que, en los bordes, por lo general, es posible encontrar rocas. Si bien en esta laguna no se ven rocas, finalmente es un buen lugar para bañarse y comer. De pronto llega un auto, y se bajan personas hablando en inglés. Notamos que se trata de dos extranjeros que vienen a pescar a las lagunas con guías del parque Huilo-Huilo, por las letras estampadas en sus poleras y el logo del auto. Los saludamos y continuamos nuestras actividades. Una vez que los turistas se meten al agua,

Sebastián aprovecha la ocasión para conversar con los guías que se quedan en la orilla. Los guías nos cuentan que todas las personas que saben como llegar a estos territorios y que podrían guiarnos, trabajan para la reserva. Para poder ingresar a ella es necesario realizar un protocolo burocrático, el cual tomará días, semanas, incluso meses. El subsuelo aquí no puede ser estudiado sin la autorización de la reserva. Esta reserva privada es dueña del territorio desde este valle hasta la frontera con Argentina y tiene el poder de controlar el acceso. Desde el plan de conservación que maneja esta reserva, las prácticas tradicionales de movimiento por la cordillera, como lo es el uso de caballos, no están permitidas. Esto es problemático, ya que la cordillera en este territorio ha sido caracterizada por las prácticas de movilidad (Bello, 2011). El acceso a la superficie esta limitado por el bosque y las grandes extensiones de territorio privado, cerrando el acceso a la montaña y la producción de conocimiento científico.



Figura 24: Lago Quilmo; Elaboración propia (2019).

4.4 Guías locales, el *pillan* y los subterráneos mapuche

En el valle de Liquiñe, al norte de Huilo-Huilo, las dinámicas territoriales son diferentes. En este valle, una mayor proporción de la propiedad de la tierra per-

tenece a las comunidades indígenas. En este valle el CEGA se encuentra diseñando proyectos de energía con la comunidad local, como lo describo en el primer apartado de este capítulo. Para acceder a esta zona es necesario ir con guías locales, quienes son parte de la *Agrupación de Turismo Ecológico y Guías de Liquiñe* y prestan servicios de guías turísticos por los senderos. Este servicio también puede ser denominado como *turismo científico* de intereses especiales.

En este apartado quiero ilustrar las formas de explorar este valle relatando una experiencia con el grupo científico. En esta ocasión, el grupo acordó subir el cerro con unos de los guías locales, don Luis. Él es un hombre de unos 70 años, campesino y mapuche, quien vive en las faldas de los cerros atravesados por la traza de la falla geológica. El recorrido que el grupo quiere realizar es por los cerros donde la falla se expresa a la escala del paisaje (escenario descrito al comenzar el capítulo 1). El grupo conoce a don Luis, ya que los ha guiado en oportunidades anteriores. Escuché su nombre por primera vez cuando me relataron una subida anterior a uno de los miradores del valle. Al caminar con él quedaron impactados por su rapidez y habilidades para desplazarse por el bosque; lo llaman el *GPS humano*. Saben que utilizando solamente la tecnología del GPS se pueden desorientar y necesitan conocimientos de una persona del lugar para llegar directamente a las rocas.

Quedamos de encontrarnos a las 7:00, a la hora de la salida del sol en la casa de don Luis. Al siguiente día nos encontramos y comenzamos a subir el cerro. En el primer tramo de nuestra expedición, nos detenemos en el camino para hablar con uno de los vecinos y también para pedir acceso. Noto que el guía es de gran ayuda al grupo por sus conocimientos de los caminos. Juan me explica que, si nos ven solo al grupo, sin alguien que conozcan a las personas del sector, puede haber problemas. De la mano de don Luis el acceso se consigue sin problema. A él le interesa traer personas al cerro también como fuente de trabajo.

Para introducirse en estos cerros y bosques se utilizan caminos forestales. El camino por el que vamos está en muy mal estado. Los árboles cortados a los costados—o *muñones*—señalan la presencia de las faenas forestales a la orilla del camino. Estos elementos remiten a las historias de extracción caracterizadas principalmente por la comercialización de un árbol preciado, el raulí. Lo que alguna vez fue llamado *el oro verde* de la zona. La explotación del bosque expresada en este paisaje es parte del proceso mayor de colonización de estos territorios (Camus y Solari, 2008; Klubock, 2014; Di Giminiani & Fonck, 2015).

Este proceso de colonización ha tenido como efecto el desplazamiento de la población mapuche (Bengoa, 2000), afectando también su acceso al territorio.[5]

Volviendo al camino, el grupo va atento por donde va la traza de la falla y sus expresiones en el paisaje. La atención se focaliza en puntos de contacto entre rocas y edades geológicas. Los lugares y rasgos que vamos viendo en el paisaje se ponen en contacto con la representación de la falla en el mapa. Noto una preocupación sobre donde se pueden ver las rocas y su posición en el espacio. Con este fin Ana le comenta al guía si podemos cruzar el río e ir por la otra ladera del cerro. Frente a esta pregunta, don Luis responde que por el lado del cerro que vamos es de comunidades indígenas, y al otro lado—donde quieren cruzar—es de particulares. Don Luis conoce todos los nombres de los dueños de los terrenos, gente que antiguamente trabajó la madera, que ya no se encuentran viviendo en el lugar. Don Luis cuenta que estos terrenos o hijuelas, si bien fueron propiedad indígena se arrendaban a personas que venían a sacar la madera. Él participó y aprendió a andar por los cerros trabajando la madera en las faenas forestales. Lo que yo veo como un bosque, él lo asocia a nombres de los vecinos con quienes ha vivido y trabajado durante años[6]. Mientras vamos caminando, van saliendo los rayos de sol de la mañana y se va sintiendo el

---

5 Para contextualizar desde una perspectiva histórica este proceso, luego de la resistencia mapuche frente a la dominación española a partir de del siglo XVI, por medio de una serie de tratados y parlamentos, el rio Bío-Bío fue establecido como la frontera entre el imperio y los territorios mapuche (Dillehay and Zavala, 2013). Esta frontera duró hasta la segunda mitad del siglo XIX, representando el límite interno de la República de Chile durante las primeras décadas de su independencia. Sin embargo, este límite se expandió hacia el sur con la ocupación militar del Estado Chileno, en la búsqueda por dominar y controlar sus recursos naturales (Pinto, 2003). Luego de la invasión del ejército chileno, entre otras causas, los mapuche fueron reasentados en reducciones, otorgadas mediante *títulos de merced*, inhabilitando al acceso a la tierra más allá de los límites legales de las reservas (Di Giminiani, Fonck & Perasso, 2019).

6 Cabe señalar que en la economía mapuche y manejo de la tierra es muy frecuente el sistema de *medianerías*, que es el arriendo de pedazos de tierra para que puedan ser trabajados. Es decir, quien trabaja la tierra no necesariamente es el dueño. Este tipo de interacción es común tanto entre mapuche como vecinos chilenos. Por otro lado, la extracción sistemática de madera de estos cerros a tomado otra escala y disminuyendo el ritmo en las últimas décadas. Los nombres de personas que señala don Luis ya son recuerdos. Sólo es posible ver casa de madera abandonadas. Ellos ya no viven acá. Posiblemente los familiares de los particulares que menciona viven en las ciudades fruto del proceso de migración campo ciudad durante el siglo XX. Pero a su vez, estas prácticas se han prestado para confusiones legales de parte del estado, bienes nacionales, produciendo disputas de tierra. Para más información sobre el rol de las

frescor del bosque. Vamos subiendo en general en silencio por el camino, pero Juan le va preguntando a don Luis sobre el nombre de árboles y aves. A Juan le da curiosidad saber más sobre la historia que cuentan los cortes de troncos a los lados del camino.

Don Luis trabaja combinando salidas con turistas con el trabajo que ha realizado tradicionalmente en este cerro. Tiene vacas que salen a pastar y viene también a estos sectores a sacar madera. Cuando hace estas actividades, va dejando señales en los árboles para orientarse. Los cortes de machete le indican qué ruta tomar y por dónde doblar. Se trata de un sistema de signos en el bosque que él sabe interpretar. El grupo confía en su guía y su conocimiento de la ruta. Mientras caminamos, a don Luis le gusta ir poniéndonos a prueba preguntando "¿Y ahora? ¿Para dónde vamos?". En su pregunta hay un tono de humor, destacando nuestra poca habilidad para movernos por el bosque y cómo fácilmente nos podemos perder en el cerro.

En la ruta por la que don Luis nos guía tiene determinado de manera previa lugares para descansar. En un punto específico se detiene bajo un gran árbol, donde guarda botellas y una tetera para tomar el *mate*[7] con el grupo. Este punto marca un desvío para continuar cerro arriba que desde el camino no se ve, pero dónde es necesario doblar para continuar la ruta, a travesando el río. Desde su experiencia tiene la capacidad de volver visible rutas y huellas, que sin él no se pueden interpretar.

Cruzando el río, aparecen afloramientos de rocas. Los geólogos y geólogas, cual abeja va hacia la miel, se van directamente hacia ellas. Al acercarse, se dan cuenta de que ellas son el tipo de rocas que están buscando, *granitos deformados*, donde la falla geológica se hace visible. El agua del río que atraviesa el bosque permite ver los afloramientos de rocas, ya que abre el campo visual ante la tupida vegetación.

Atrapados por las observaciones de las rocas los miembros del grupo no cruzan el río. Don Luis, comienza a mover las rocas para hacer un puente que les ayude a cruzar. Mientras tanto el grupo comienza a discutir los nombres de las rocas, sin prestarle atención a cruzar el río. Al verlos con un poco más de distancia inmersos en sus dinámicas parecen seres extraterrestres con sus ropas de expedición. Es una imagen surrealista. Don Luis, al notar que no van

---

plantaciones forestales, disputas de tierra y los actuales conflictos ver Klubock (2014); Montalba-Navarro, y Carrasco (2003).

7 Infusión popular en América del Sur.

a cruzar, los mira en silencio. No hay una conversación entre el grupo de investigación y el guía local. Don Luis, tranquilamente cruza el río y se sienta en un tronco a descansar.

Aprovecho este momento para compartir con él y mirar juntos al grupo y sus discusiones. Se siente el sonido del río y se escucha el canto del chucao *(Scelorchilus rubecula)*[8]. Anna y Pedro sacan los martillos y comienzan a golpear la roca. Están excitados con los ejemplares que acaban de encontrar y imbuidos en su oficio. Juan, al vernos conversar a don Luis y a mí en el tronco, viene y se sienta a nuestro lado, preguntándole a don Luis: "¿Qué significa el nombre de este cerro? ¿Significa algo Charlin?". A lo que don Luis responde: "En mapudungun Charlin, (significa) una cosa así: De esta manera (hace un gesto con la mano), como un changle". La pregunta de Juan se responde por medio de un gesto y la palabra *changle* en mapudungún[9]. El changle es un hongo que emerge en el suelo de los bosques del sur de Chile. Esta es una imagen de mi mano recolectando un changle durante el mes de septiembre (figura 25), período en que este hongo aparece en los bosques del sur de Chile. Los changles se recolectan mirando el suelo.

La explicación me llama la atención. Desde el año 2012 he realizado trabajo de campo en áreas cordilleranas en el Centro-Sur de los Andes y he tenido la oportunidad de aprender a recolectar y cocinar changles. Se trata de un hongo que se consume entre los meses de abril y mayo. Una vez que comienza el otoño, estos hongos comienzan a aparecer en el suelo del bosque. Es un rico alimento del bosque que aún no ha sido comercializado a gran escala. Por lo general, se come y conoce sólo en sectores rurales o ciudades cercanas a estos bosques. Es muy apetecido y a don Luis le gusta comerlo, sin embargo, en el centro del país y la capital no se vende.

Él asocia el cerro a un changle. De acuerdo a lo que nos dice don Luis, su nombre se debe a la similitud con el hongo que emerge desde el suelo. Luego de pasar semanas midiendo rocas fracturadas y aprendiendo a leerlas, me doy cuenta de que esta explicación se puede vincular al concepto de *afloramiento* utilizado comúnmente en geología para referirse a una roca que emerge desde el subsuelo. Pero Juan, el geólogo, no sabe lo que es un changle y no entiende el significado. Tampoco ha tenido la experiencia de recolectarlo o comerlo. El geólogo quiere entender el significado de la palabra, y en su inquietud es posi-

8 Ave endémica de los bosques del sur de Chile.

9 El mapudungun es la lengua mapuche.

ble seguir una sensibilidad creciente entre las nuevas generaciones en geología por saber más sobre conocimientos mapuche.



Figura 25: Un changle recolectado desde el suelo del bosque; Elaboración propia (2017).

Mientras conversamos, el resto del grupo se encuentra focalizado estudiando las rocas y escuchamos de fondo los nombres técnicos que las describen. Pedro sigue por el río abajo a buscar más rocas, pero Juan continúa sentado junto a nosotros y quiere continuar aprendiendo. Don Luis nos cuenta que el cerro hace ruidos durante el invierno. Lo que explica por la presencia de la *falla ofque*, cómo él la llama. Nos explica que esta falla pasa por aquí y que continúa hacia el sur y que por esa razón hay muchas termas. Hace 6 años guió a dos geólogos de Suecia y Canadá, y con ellos aprendió ese nombre. Las huellas de exploraciones pasadas siguen presentes en sus recuerdos. Juan conversando le cuenta: "La falla es una fractura de la tierra, que se mueve a veces. Y por eso están todas las termas. Por debajo de la tierra es pura roca. Entonces, al moverse la falla. Se rompe la roca y pasa el agua. Y por eso hay volcanes. Eso es lo que estamos estudiando nosotros".

Al hablar de la falla, las termas y los volcanes, don Luis, comienza a contar sobre los que se pueden ver desde la punta de este cerro. El volcán Lanin, el Quetrupillan y el Villarrica y a lo lejos el Lonquimay y el Choshuenco. Nos cuenta que los tres primeros volcanes, "Todos esos hacen boche (ruído). Si están vivos", nos explica don Luis.

Juan, pide disculpas y explica que se tiene que volver hacia donde está el grupo. Nos quedamos los dos mirando como el grupo observa las rocas y conversan entre ellos. Miro a don Luis y le pregunto: "¿Y cómo se calienta el agua de las termas?". Me responde: "Los antiguos decían que el agua se calentaba por el pillan". Vuelvo a mirar al grupo y recuerdo los análisis y trayectorias que realizan para entender como el agua se calienta, pero don Luis ya tiene la respuesta. Es una de las hipótesis de trabajo que el grupo se encuentran explorando, si el volcán calienta el agua y cómo ocurre este proceso. Es la pregunta con la que trabajan. Pero las preguntas sobre las trayectorias del agua termal, que movilizan la investigación y la necesidad de producir evidencia, don Luis las responde desde lo que a aprendido desde *los antiguos*. Lo que calienta el agua es el *pillan*.

Históricamente, desde los trabajos sobre el pensamiento y espiritualidad mapuche, el *pillan* ha sido traducido como el espíritu que habita el interior de los volcanes. Por lo que se puede interpretar—a raíz de la respuesta de don Luis— lo que calienta el agua es el volcán. Sin embargo, esta explicación los geólogos y geólogas del grupo no la escuchan. Están al otro lado del río fijados en estudiar las rocas para comprender la estructura del sistema geotermal. Tampoco es una pregunta que le hacen a don Luis. La interacción se encuentra mediada por la necesidad de ser guiados por los caminos. Mirándolos, veo la distancia entre los científicos y otras formas de explicar los fenómenos del territorio. A primera vista no parecen ser dos conceptos contradictorios. Que el volcán o *pillan* calienta el agua, puede ser una hipótesis de trabajo científico. Sin embargo, en la traducción del concepto emerge una mayor complejidad. Traducir la palabra *pillan* no es tan simple ni directo como pareciera. Si bien luego el geólogo Cristián me explica que *quetrupillan* significa *Cuatro diablos*, esta es una traducción controversial. Esta traducción al español desde mapudungun fue realizada por los primeros misioneros capuchinos, quienes buscaron conceptualizar la presencia de seres demoníacos al buscar evangelizar.

Siguiendo los estudios sobre el pensamiento mapuche, el término *pillan* es controversial y complejo debido a la polisemia de significados asociados etimológica y etnográficamente (Yanai, 1997). El concepto ha sido traducido como *espíritu* de los ancestros potentes, objetos o fenómenos naturales extraordinarios, tales como volcanes, truenos o relámpagos (Yanai, 1997). Destaca en este

sentido los estudios de Helmut Schindler (2006), continuando la obra de Ewald Böning (1974). A partir de estos trabajos, el término *pillan* ha sido definido como una cualidad o *capacidad* proponiendo traducirlo como *'vigoroso', 'extraordinario', 'poderoso', 'inquietante', 'especial'* y *'sagrado'* (Böning, 1974:175; 1995:193 citado por Schindler, 2006) o como Schindler agregar a la traducción: *'sublime' y 'ritual'* (2006:140).

Desde este valle se puede ver el volcán Villarrica. Las comunidades mapuche que viven en torno al volcán lo llaman *ruka pillan,* lo que se puede traducir como la *casa del pillan*. A partir del relato de un orador ritual de la zona registrados por el antropólogo japonés Tadashi Yanai (1997), es posible acercarse al interior del volcán:

El pillan aparece en los sueños para otorgarle saber o *kimün*[10] a la persona, menciona Yanai (1997). Las palabras citadas por el autor provienen de viajes realizados en sueños para obtener *kimün* para orar en el rito del nguillatún. La centralidad del volcán se reafirma en este rito, la principal rogativa comunitaria mapuche (Skewes & Guerra, 2016).

Aprendo de don Luis que el *pillan* tiene la capacidad de calentar el agua subterránea. Por medio de la figura del *pillan*, otros entendimientos de lo subterráneo se vuelven posibles. Siguiendo el trabajo de Juan Ñanculef, en el mundo mapuche las tierras subterráneas son llamadas como *Minche Mapu*, lo que es entendido como *lo no visto*. Etimológicamente, la palabra indica lo siguiente: *Minche* puede ser traducido como *bajo algo*, sumergido o cubierto por algo, *Mapu* como tierra (Ñanculef, 2016). Por lo tanto, *Minche Mapu*, corresponde a lo subterráneo, pero no se trata solamente de una categoría vertical del espacio. Es un territorio que, a la vez, posee energías negativas potencialmente. Es un espacio desconocido, escondido y por lo tanto no inspira confianza. Pero se trata de un territorio ambiguo, ya que elementos positivos que generan la vida como el agua, provienen desde ahí (Ñanculef, 2016). Estas aguas también poseen su *ngen* el que ha sido comúnmente traducido al español como *dueño* o *guardián* de los elementos naturales, y para el caso específico del agua se denomina *ngen-ko* (Grebe, 1986). Elementos con los cuales se debe interactuar en términos de respeto y reciprocidad.

Desde una perspectiva académica y política, seguramente vinculada a la urgencia y la actualidad de los conflictos de tierra y propiedad en este territorio, el subsuelo ha sido una dimensión menos visible y estudiada. Sin embargo, en las explicaciones de la cosmología mapuche, los dominios subterráneos se

---

10 Comúnmente traducido del mapudungun al español como *conocimiento*.

encuentran presentes. Cercano a este valle, en el Museo de la memoria de Neltume, a manera de introducir al visitante en estos conocimientos, se explica el rol del mundo subterráneo. En el mundo mapuche desde una perspectiva espiritual del cosmos, la orientación vertical señala una oposición permanente entre la Wenu Mapu (tierra de arriba) o Minche Mapu (tierra de abajo), desde donde se proyectan sus energías activamente en la *mapu*, tierra intermedia donde habitan los humanos.

El volcán Villarrica se logra ver desde este valle y sus alrededores. Pero luego de este recorrido, y a la luz de los registros etnográficos, aprendo que el término *pillan* no necesariamente agota sus significados en lo que comúnmente se entiende por volcán. El uso de la palabra *pillan* por don Luis en este contexto sugiere *la capacidad subterránea* para calentar el agua. Esto lo describe haciendo referencia a *los antiguos* como fuente. Se trata de un momento durante la exploración que descentra la mirada abriendo ontologías posibles desde calor del agua y su capacidad para poner en comunicación los movimientos de las aguas subterráneas del valle con el volcán.

Concluyendo este capítulo, en geología al explorar el subsuelo se tienen que interactuar con las dinámicas presentes en la superficie. El acceso a los sitios de estudio es mediado por la propiedad de la tierra. Este capítulo muestra como los límites de acceso afectan a la producción de conocimiento científico, al no permitir que rasgos geológicos del paisaje sean estudiados, permaneciendo invisibles. A su vez, se describen como el acceso al bosque y las estructuras de la propiedad de la tierra en el sur de Chile generan dinámicas de exclusión. Los desafíos relacionados al acceso en la producción de conocimiento científico en los denominados *laboratorios naturales* es una discusión creciente al analizar el caso chileno (Guridi, Pertuze & Pfotenhauer, 2020; Lehuedé, 2021; Aguilera, & Larraín, 2021). En este capítulo muestro como los problemas de acceso se encuentran relacionados a los desafíos asociados al hecho de que extensas áreas del territorio se encuentran bajo control privado.

Por otro lado, para desplazarse por la superficie con alta presencia de bosques, se necesita la mediación de guías. Su orientación para no perderse es fundamental. Son parte de los conocimientos que se necesitan para explorar el subsuelo. Conocimientos locales relevantes para poder transitar por la cordillera. Sin embargo, a menudo en los relatos científicos y la circulación de la evidencia, los saberes y técnicas de personas que participan en la producción de conocimiento son invisibilizados. No aparecen en el relato como parte de la comunidad de prácticas para producir conocimientos e implementar los métodos científicos en terreno. Por otro lado, esta exclusión del conocimiento local

en los procesos de circulación de la evidencia ha sido ampliamente documentada (Martínez Medina, 2020; Raffles, 2002; Shapin, 1989).

Realizando trabajo de campo noto que los guías locales son parte de las experiencias de terreno. En este relato, la respuesta de don Luis durante la exploración hace presente el nombre del *pillan* como explicación del calor del agua. Es una posibilidad familiar a don Luis conoce. Buscando comprender en profundidad el significado de este concepto en los registros etnográficos, me encuentro que antes que referirse exclusivamente a un volcán, también ha sido traducido como *capacidad* (Schindler, 2006). Por medio de su explicación don Luis hace presente la interacción mapuche con los dominios subterráneos. El siguiente capítulo describe como el calor tiene la capacidad de descentrar lo visual, siguiendo historias y relatos de las manifestaciones termales de este valle.

5. Termas

Este capítulo se focaliza en el lugar de las termas y sus relatos. Las termas históricamente han sido un espacio que ha llamado la atención científica, gatillando preguntas sobre la circulación del agua, el calor y la composición mineral que las rodea en los Andes chilenos. Los procesos por medio de los cuales las termas se constituyeron como sitio de estudio científico y de salud en la Cordillera de los Andes han sido descritos por la historiadora María José Correa (2018). Si bien previamente "Cronistas y viajeros describieron los usos diversos de la población indígena, mestiza y extranjera hizo de ríos y afluentes termales, y las propiedades curativas que les atribuyeron" (Correa, 2018:75), es en el siglo XIX donde el espacio de la terma se consolida como objeto de estudio científico. Esto fue de la mano con lo que se denomina como la perspectiva de la hidroterapia decimonónica, donde los sitios termales fueron lugares donde se entremezclaba la sanación, terapia y observación científica. Sin embargo, como relata la autora, durante la primera mitad del siglo XX la confianza en la capacidad curativa de estos espacios–y sus ambientes–fue abandonada gradualmente, quedando el ideal de garantía clínica asociado principalmente a espacios urbanos y relegando el potencial curativo a la farmacología.

Este abandono se relaciona a las ideas generales mencionadas por expertos y expertas sobre la invisibilidad de la geotermia en Chile. Retomando esta discusión sobre la geotermia y preguntando: ¿para quién es invisible? ¿bajo qué contexto?, este capítulo indaga en los relatos e historias de las manifestaciones termales a partir de sitios de estudio de la geotermia del valle de Liquiñe.

Siguiendo las trayectorias del fenómeno geotermal, no sólo la invisibilidad está en juego sino diversas formas de visibilidad asociadas al espacio de la terma. Ejemplo de esto es como los futuros geotérmicos se relacionan con la cultura termal asociada al turismo o las catástrofes vinculadas a fenómenos geológicos. Antes que un fenómeno exclusivamente visual, las dinámicas del calor subterráneo se experimentan en la superficie involucrando un registro

más amplio de sentidos, tales como el olfato o la audición. El calor descentra la mirada a otros dominios de lo sensible. Entender la involucración de la multiplicidad de sentidos y las experiencias sensoriales ofrece la posibilidad de abrir nuevos lentes analíticos (Jaffe et al. 2020), en este caso para discutir las diferentes formas de visibilidad, y las tensiones asociadas a las manifestaciones de la energía geotérmica.

Este capítulo explora tres formas en que la mirada se descentra y la tensión entre diferentes formas de visibilidad. En primer lugar, siguiendo experiencias de trabajo y aprendizaje en una terma, ilustro como las trayectorias del agua y su calor se observan y describen en la superficie. En segundo lugar, basado en relatos sobre estrategias para buscar termas, muestro como el sentido del olfato y la audición son utilizados para describir los comportamientos y manifestaciones del agua termal. Pero las termas también pueden desaparecer o ser olvidadas. Indagando sobre los silencios asociados a estos espacios y las experiencias junto a manifestaciones del subsuelo, el capítulo concluye refiriéndose al comportamiento inesperado del calor. Que las manifestaciones del subsuelo no sean siempre visibles, no excluye la posibilidad que irrumpan. Estas experiencias nos invitan a volver a la pregunta ¿desde que evidencia en la superficie se imaginan las promesas de la energía geotérmica? ¿qué nos enseña el lugar de la terma y sus historias?

5.1 El termalismo verdadero

En el valle de Liquiñe las termas son sitios relevantes para estudiar la emergencia del agua caliente en la superficie y su recorrido por la falla geológica. La temperatura es el principal objeto de investigación. Pero en este lugar los miembros del CEGA no sólo se encuentran interesados en realizar estudios científicos. Como describo en el capítulo anterior, en el contexto del diseño de tecnologías de energía con participación social, los miembros del centro han imaginado diseñar proyectos de uso directo junto a los dueños de las termas que estudian. Estos proyectos potenciales son parte de un interés mayor del CEGA por desarrollar proyectos de uso directo y baja escala principalmente en el sur de Chile y la Patagonia, para visibilizar la geotermia y los potenciales usos de su calor desde una perspectiva local.

Al visitar con integrantes del CEGA sitios de estudio y con potencial para desarrollar un proyecto de uso directo conocí a Mauricio, un joven de aproximadamente treinta años que vive aquí con su familia, trabajando en las tareas

del negocio familiar. Luego de conocer este lugar junto al grupo, una vez terminada la temporada de exploraciones geológicas, volví a visitar estas termas. En una de estas visitas, conversando con Mauricio, espontáneamente me invita al río a mirar nuevas surgencias termales. Para observarlas se guia por las burbujas que salen del suelo del río. "Es como una cuevita pa dentro", me invita a imaginar Mauricio. Esta invitación es recurrente al referirse al recorrido del agua termal. Las cosas que ocurren en el interior del subsuelo al no verse son imaginadas. Una estrategia similar que se les enseña a los estudiantes de geología y que Mauricio me invita a realizar. Para esto son centrales las pistas y huellas en la superficie, tales como las burbujas de agua hirviendo que vemos. Caminando por el río, vamos observando las surgencias. Se trata de un río que atraviesa el valle, dónde van brotando burbujas de agua caliente desde las pozas. El vapor crea una atmósfera particular termal de musgos y olor a azufre.

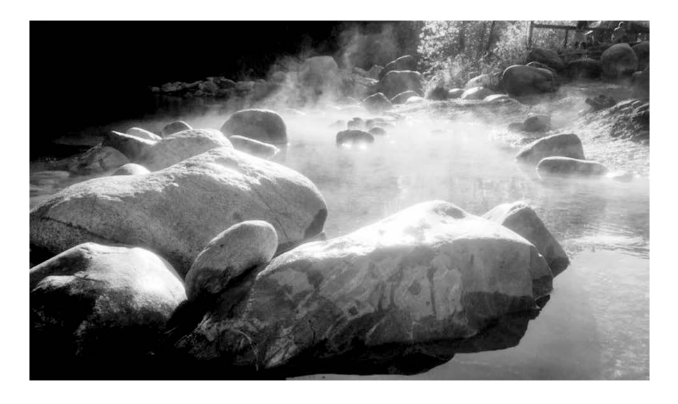


Figura 26: Surgencia de agua termal; Elaboración propia (2019).

Observando el río, Mauricio me invita a detenerme en una de sus características: "El azufre genera esa musgosidad de color blanco". Me detengo a mirar el río y veo la musgosidad en las rocas. Mauricio al mostrarme ese rasgo, me cuenta que es agua de origen mineral. Él les ha mostrado estas surgencias anteriormente a científicos y los ha guiado, acompañándolos a realizar medidas: "Yo les he preguntado harto. A mí siempre me ha llamado la atención por que sé que lo que sucede aquí es algo anómalo. Lo que sucede en esta faja de tierra, aquí, es anómalo y no es visto en muchos lugares de nuestro país".

Él sabe de la particularidad de este lugar, lo que confirma con visitas científicas a su terreno. Mauricio confía en la mirada comparativa y el trabajo en terreno que han realizado el CEGA a lo largo de Chile, o sus conocimientos sobre otros sitios geotermales en otras partes del mundo. Hay algo que particularmente le llama la atención: "Es como extraño encontrar tanta concentración en un lugar tan acotado. Acá te poní hacer hoyos pa dentro en el terreno, en algunos lugares quizás en diferentes profundidades, pero en todos vas a encontrar agua caliente para abajo". Es por este fenómeno que los científicos llegan aquí. Esta caracterización de la anomalía resuena con mi experiencia al observar las surgencias. Puedo intentar entender las explicaciones geológicas, pero al estar junto al fenómeno, me pregunto: ¿cómo el agua surge desde el subsuelo? Sigue siendo un misterio que me ha acompañado durante el trabajo de campo.

Mauricio lo explica con las mismas capas de tierra. Hace poco realizó un descubrimiento. Al ir cavando con una pala mecánica para hacer nuevas piscinas, de pronto comenzó a brotar agua caliente. Como me cuenta: "Yo veía las capas diferentes de tierra y ahora puedo comprender por qué esta cuestión (...) Claro porque todo tiene que tener ese colchón que yo reventé. Que es prácticamente como que fuese una plasticina, entonces esa trabaja y la que sella el paso de la salida del agua hacia arriba". La composición del suelo bloquea las trayectorias del agua caliente, según Mauricio. Me cuenta que cuando pasa un camión por el camino, todo el suelo se siente. La poca estabilidad del suelo es una característica que confirma al cavar con la pala mecánica. Sus maneras de explicar lo que ha observado son acompañadas de especulaciones e ideas sobre como funciona el interior de la tierra.

> Entonces donde hay estructuras rocosas más firmes, más profundas, el agua por ahí cacha que no está esa capa y empieza a romper, a reventar la roca y permea hacia arriba. Me imagino yo, yo lo veo en el suelo e imagino que así tiene que ser. Por que esa capa yo mismo miré cuando metí la máquina que pesa 13 toneladas y la wuea hacia así en cima y no se metía pa abajo. Entonces, la presión del agua. La presión que soporta esa capa. Pero una vez que le metí el balde y la rompí, el agua pa arriba pushhhh (...) y se empezó a desvanecer así como un chocolate (...) Es un sello pero impresionante, que uno acá arriba ni imagina como es abajo (...) Ese sello es tan grueso o tiene una particularidad especial en su composición que es tan impresionante que hace que el agua no pueda surgir en todos lados pero si tiene que llegar al lecho del río (...) Ahí donde las va fracturando el agua hasta que sale. Es una historia viva, es fascinante.

Mauricio describe el viaje del agua, imaginando su trayectoria a partir de lo que ha observado desde la superficie. Noto, y me cuenta, lo mucho que ha aprendido del grupo que visita estas termas para estudiarlas. Pero también ha experimentado el comportamiento del agua por sí mismo. Lo que aprendo de sus observaciones es que el agua posee una capacidad. Esto lo explica, usando un concepto coloquial del español chileno: *el agua cacha*[1]. El acento se encuentra en que el agua posee capacidad para ir subiendo y saber por donde hacerlo. El agua caliente busca emerger en la superficie. Esa es la fuerza impulsada por la temperatura. La que también puede ser destructiva y tiene la capacidad de romper la roca.

Me llama la atención el interés de Mauricio por invitarme a observar detenidamente las surgencias. Viviendo en el mismo sitio donde se encuentran las termas, le produce curiosidad observar el fenómeno. Pienso que esta sensibilidad se relaciona también con su interés por coleccionar rocas volcánicas. En la entrada de su casa hay una colección de rocas de diferentes colores. Se trata de rocas que por su estética le llaman la atención. El asombro y atracción por la estética de las rocas, y la creación de colecciones minerales es una práctica que se puede encontrar en diferentes partes del mundo. En Chile es una práctica que se puede observar entre quienes trabajan en faenas mineras (Fonck & Simonetti, 2020), pero también es una forma de coleccionismo presente en contexto asociados a termas y volcanes.

A menudo descartado como formas de ciencia *amateur*, la recolección de objetos y el interés genuino por realizar hallazgos, ha sido objeto de atención en historia de la ciencia y antropología. Estas formas de colección han recibido atención al formar parte de redes de información que involucran personas fueran del ámbito académico a los procesos de producción del conocimiento científico (Mueggler, 2011; Raffles, 2002). La forma de colección que Mauricio me enseña esta guiada por la atracción estética, pero también por la naturaleza escurridiza de la surgencia de agua termal que aparecen de manera inesperada en el terreno donde vive y que le interesa compartir y mostrar a quienes visitan este sitio.

Mauricio es pareja de la hija del dueño del terreno, una familia que hace generaciones vive aquí. Al contarme la historia de cómo comenzaron a trabajar el agua termal como negocio, me relata que su suegro fue quién comenzó a llamarle la atención cosas que pasaban en el terreno. Me cuenta que fue más observador que las generaciones que estuvieron antes que él. Mirando el suelo,

1 Verbo utilizado en Chile como sinónimo de *entender.*

cuando caía *la helada*[2], él se daba cuenta que en la superficie del terreno había menos hielo. Cuando la helada permanecía todo el día, en ciertos sectores se derretía. Mediante pistas en superficie, notó la presencia del calor. Logró ver en el paisaje algo que le llamó la atención. Mauricio especulando me cuenta: "uno puede imaginar como lo habrá hecho, capaz escarpó un pedazo de terreno y empezó a notar que cuando llovía aquí se sacaba más rápido el terreno y allá se mantenía más la humedad. El compadre empezó a ser más observador y eso hizo la diferencia". Esta forma de relacionarse con el lugar y la capacidad de ver las huellas del fenómeno Mauricio la denomina como el *termalismo verdadero* comparando con las termas enfocadas en servicios de hotelería, turismo de gran escala y domesticación del fenómeno:

> Cuando tu te metí a una poza de esas obviamente es distinto a meterte a una piscina, que han trabajado, que el agua la han clorado, que la han filtrado, la han mezclado con agua fría. Meterse en una poza donde la surgencia esta al lado, es ponerse a pensar, ¿cuantos kilómetros viene luchando esa agua para liberarse? ¿cuántos kilómetros viene reventando rocas po weon! Reventando rocas. Cómo un verdadero minero con un combo y un cincel. Así viene el agua. Dele ta ta ta quiero libertad, quiero libertad. Sipo de repente parece loco pero eso es. ¡Si nosotros nos ponemos a imaginar emocionalmente eso es! Entonces que es lo que pasa, que cuando esa agua brota ahí, es energía. Es pura energía ¿Y quien la absorbe? El que la quiere recibir.

Desde el relato de Mauricio—mirando las surgencias en las termas donde vive—, es posible imaginar como el agua va subiendo. Imaginar desde la terma y su calor. Este relato me invita a dejar de ver la terma sólo como un evento determinado en la superficie. Es una manifestación de un proceso más profundo. Mauricio imagina la fuerza del agua trabajando y destruyendo las rocas como si fuera un minero.

Imaginar a partir de las características y manifestaciones que se observan en la superficie guarda directa relación con las experiencias de aprendizaje relatadas en el primer capítulo. En el proceso aprender los principios desde los cuales se estudia la geología del subsuelo, la imaginación juega un rol central como herramienta pedagógica en el intento por comprender y recomponer fenómenos en el paisaje que han ocurrido en el pasado. La curiosidad de Mauri-

2 Nombre que se utiliza para denominar el proceso de congelamiento de la humedad en las primeras horas de la mañana cuando las temperaturas bajan.

cio, y las incógnitas que le sugiere las termas, resuenan con la actitud de terreno anteriormente descritas.

Esta actitud y su cultivo es una interesante oportunidad para repensar cómo las mismas infraestructuras de energía pueden ser imaginadas y apropiadas en contextos donde estas manifestaciones se expresan. La actitud científica, técnica y especulativa de Mauricio refleja una sensibilidad especial. Al compartir con Mauricio frente a la terma, me detengo en el carácter contemplativo de sus observaciones y su visión del fenómeno termal. Luego del recorrido de este libro, pienso que su sensibilidad representa una mirada abierta a las interrogantes que abre el calor al manifestarse en la superficie y las posibilidades que ofrece. Mirando el agua brotar, le pregunto: "¿Y cómo te imaginas el futuro de esta energía?" "Mi sueño, es hacer una central eléctrica", me responde. Frente a su respuesta quedo totalmente atónito. Veo mi propia limitación al buscar un relato que cuestione los imaginarios de la electricidad.

Su respuesta me hace constatar la profundidad que tiene el sueño de producir electricidad y también la dificultad para pensar fuera de ese marco. Sería un error proyectar mis propios deseos y perspectivas sobre las formas en que Mauricio imagina el futuro potencial de esta energía en el valle de Liquiñe. Además, la producción de electricidad por empresas externas es un tema sensible y conflictivo en Liquiñe (Hernando-Arrese & Rasch, 2022). Pero por otro lado, también existe el sueño local de producir electricidad de manera autónoma. Cómo me cuenta Rodrígo, quien trabaja en artesanía en la zona, al reflexionar sobre la historia de la electricidad en esta área:

> Uno de los principales cambios acá en el Valle, tuvo que ver directamente con la llegada de la electricidad, ahí empezó a cambiar toda la forma de vivir de la gente, así que fue un cambio bien fuerte en el valle. (...) Ya, y como les digo eso tuvo que ver con un cambio fuerte en la forma de vivir de la gente, tuvo acceso a más modernidad en el fondo.

Si bien esto se relaciona con la llegada externa de estas infraestructura, también al hacer el ejercicio de memoria de este proceso, Rodrígo se refiere a las diferentes formas de producción de electricidad y como esto también sufrió cambios:

> (...) antiguamente acá la gente tenía electricidad, tenía las turbinas, la gente comenzó a desconectar las turbinas para conectarse a la electrificación, y ese costo hoy día es pagados por muchos años, antes todo eso era gratis.

Estos testimonios ejemplifican la transformación que significó la electricidad y la relevancia de entender las múltiples formas que toman los imaginarios de la electricidad y sus trayectorias dependiendo del contexto. Pero también, volviendo a la geotermia, permiten comprenderla como un fenómeno que se manifiesta en la superficie, de una manera caótica e intermitente, que no se ajusta necesariamente a los imaginarios de constancia asociados a la electricidad.

Los efectos de la electricidad son visibles y son parte hoy de la vida de este valle. En la respuesta de Mauricio, aspectos científicos, técnicos y productivos se entremezclan. En la manifestación de las termas él ve una posibilidad de futuro, inovando en las tecnologías y formas de utilizar el calor. La curiosidad que despiertan las observaciones en la superficie resuena con las experiencias de observación descritas en otros capítulos. En sus relatos, es posible notar la importancia que él y su familia le han dado a observar las manifestaciones en la superficie. Pero su curiosidad no se detiene sólo en la contemplación. Lo que se observa en el terreno de su familia, despierta su curiosidad por un fenómeno que se comporta de manera inesperada, anómala y que puede también ser utilizado.

5.2 El aparecer y desaparecer de las termas

Fenómenos geotérmicos como las termas son intermitentes y varían. Volviendo a visitar a Mauricio, las primeras surgencias que observamos ya no están. Al preguntarle por esta característica de las surgencias Mauricio explica esto imaginando el subsuelo:

> Yo pienso, que abajo es un constante trabajo en movimiento, de mucho de esos temblores que constantemente están pero que nosotros no percibimos. Es un trabajo un movimiento de la tierra, de placas de un montón de cosas, que no percibimos, que no podemos ver pero están ahí, constantemente. Los flujos que pueden variar de agua, de volúmenes de agua. De presiones de agua debajo, que uno no, por que se producen, como se produce, quizás nunca vamos a saberlo, pero están ahí. Por eso es que varían.

En las diferentes visitas observé como cambian los lugares desde dónde surgen. La variabilidad de las surgencias y las características del suelo, son elementos por medio de los cuales él interpreta lo que ocurre en el interior. En esto también ha influenciado lo que ha aprendido al guiar y acompañar la medición de las surgencias de parte de los miembros del CEGA.

Las termas en las últimas décadas se han convertido en sitios turísticos, recibiendo cada vez más público y significando una fuente de ingreso relevante para los propietarios de los terrenos. Son un atractivo de la zona y han hecho famoso al valle en la región. Como me cuenta Mauricio, cada vez que tiembla, la gente espera que le salga una terma en sus propio terreno. La propiedad de la superficie donde surge el agua caliente puede generar la posibilidad de un emprendimiento turístico y una fuente de ingresos importante. Por esta razón, hay personas expertas en buscarlas, y a su vez, propietarios de la zona que contratan sus servicios para luego inscribirlas.

Uno de estos expertos de la zona es don José. A él lo conocí en sus labores de guía durante exploraciones geológicas y científicas en la zona. Sus habilidades para moverse por las montañas son reconocidas en el sector, principalmente por conocer todos los caminos de los cerros. Una vez que terminé de participar en las exploraciones, lo fui a visitar a su casa. En el interior de su hogar cuelgan de las paredes los elementos que lo han acompañado en sus trabajos en la cordillera: Mapas del territorio y un *nivel*[3]. Me los muestra con orgullo tomando el mate calentado por la cocina a leña y contándome sobre cómo se buscan las termas:

> En Enenco, por detrás del Mocho de acá pa arriba, detrás del Mocho, ahí busqué una terma. Y ahí salía de repente un olor a azufre. Y según esa terma de repente aparece en una parte, de repente aparece en otro lado, claro. Yo la anduve buscando y no la pude encontrar. Recorrí el río blanco de arriba pa abajo. Todas las quebradas, todas esas las recorrí. Salí el día domingo a recorrerlas. Donde nace el blanco pa abajo recorrí todo eso. Buscando la terma.

Don José relata como las termas aparecen y desaparecen. Al buscarlas es necesario utilizar sentidos como el olfato. Al no poder verlas, el olor va guiando la intuición por el cerro. Primero, se sospecha de un lugar porque sale vapor desde la tierra o hay olor a azufre. Para notar estos rasgos se necesita caminar. Al contarme sobre cómo él busca las termas, también me explica sobre cómo el agua caliente busca salir:

> El suelo todo tiene lava volcánica. Entonces, se filtran, se abren las grietas. Entonces se empieza a filtrar, y se tapan con arenita, estas cuestiones. El mismo sarro se va tapando y va buscando otra salida. Es lo mismo que este por aquí el chorro de agua y lo tapa con tierra. Tapa la salida del tranque y el agua

3 Instrumento con agua para ver la inclinación del suelo.

> va a empezar a buscar a buscar y buscar. Hasta por donde encontró su línea y va a empezar a buscar hacia arriba. Busca la salida. ¿Cómo será que no se enfría al venir de kilómetros y kilómetros de adentro?

El agua tiene la capacidad para moverse, buscando salir fruto del calor. Al buscar las termas, don José sigue las estrategias del agua, conociendo cómo funciona sus trayectorias en el interior de la tierra. Pero otros sentidos también involucra otros sentidos. El subsuelo produce ruidos. Me cuenta que a las tres de la mañana o de la tarde el volcán *pega sus pencazos,* se escuchan golpes desde el suelo. Los golpes se escuchan y de esos movimientos es que salen las termas, me explica. La referencia a estos sonidos es común en los valles de esta zona. En el valle del Maichin, continuando por la traza de la falla geológica hacia el norte de Liquiñe, el cerro ubicado justo sobre los terrenos de la comunidad Juan de Dios Huaiquifil hace también ruidos subterráneos. Estos ruidos son descritos como un viento fuerte (Comunidad Juan de Dios Huaiquifil, 2017). Siguiendo este tipo de pistas y fruto de una vida de trabajo recorriendo estos cerros, don José sabe cómo encontrar termas. Conoce como se comportan. Observando el suelo, su composición, el vapor que emana y sobre todo el olor a azufre, las puede encontrar en medio de estos bosques.

La intermitencia de las termas y su manifestación en la superficie resuena con los géiseres del Tatio (capítulo 2). En perspectiva, lo que tienen en común es ser relatos de la inestabilidad del subsuelo. Pero también se diferencian. La intermitencia de los geiseres del Tatio es descrita como una preocupación para los sueños de crear una futura central geotérmica. Esta es una mirada desde la perspectiva de la producción de electricidad. La erupción de los geiseres varía de acuerdo a ciertas horas del día, dejando de ser visible su manifestación. Estas variaciones generaron angustia en quienes imaginaban el futuro potencial de esta energía como fuente de electricidad para las industrias de la zona a principios del siglo XX. La aparente disminución, llegando a esta incluso desaparecer, es un rasgo que inquietó a ingenieros que observaban el lugar comparándolo con la región de Larderello en Italia donde las erupciones no dependen de las horas del día. Las representaciones del subsuelo como *fuente inagotable bajo nuestros pies* o el subsuelo como un sistema de tuberías mecánicas interconectadas con una riqueza oculta y constante, contrasta con estas experiencias frente al fenómeno observado. Al contrario, para don Jose estas variaciones significan una oportunidad de que aparezcan termas en nuevos lugares.

Otro rasgo común con los relatos descritos en los capítulos anteriores es la escala del cuerpo. La forma de interactúar con las termas es por medio de

sentidos como el olfato o el sonido. Abordar el fenómeno geotérmico desde lo visual no parece ser la forma predominante que don José utiliza para describir las experiencias con sus manifestaciones. El sonido se encuentra presente en las experiencias de descripción de las manifestaciones geotérmicas. Esto se relaciona al epígrafe con el que comienza este libro: "Escuchando el característico ruido del vapor (...)". La forma caracterítica en que el vapor emerge a la superficie es descrito como un fenómeno sonoro.

La descripción de sonidos al referirse a fenómenos subterráneos, si bien en menor medida atendida por las investigaciones en esta materia, llamó significativamente la atención de figuras icónicas para las exploraciones científicas y las observaciones geológicas en la Cordillera de los Andes. Vale la pena mencionar los registros de Juan Ignacio Molina (1740–1829), jesuita precursor del conocimiento científico en Chile, comúnmente conocido como el Abate Molina. Refiriendose a Copiapó y Coquimbo, como zonas distantes del mar en los Andes:

> el terreno de aquellas provincias está interiormente cruzado de grandes cavernas, sobre cuya superficie se oye, á veces una, especie de rumor subterráneo como si corriesen por debaxo de tierra torrentes de agua o vientos impetuosos. Quizá estas cavernas, cuya existencia es muy probable, sirven de contramina para impedir los progresos de las convulsiones internas á que están sujetas las provincias limítrofes, proporcionando un libre desahogo á los materiales encendidos en sus propias entrañas (Molina, 1788:32).

Este rumor subterráneo resuena con los relatos de don José y los *pencazos* del volcán desde el suelo. También las imágenes para retratar el comportamiento de las dinámicas subterráneas. En los relatos del Abate, los sonidos son vinculados a torrentes de agua subterránea o vientos intempestuosos que producen rumores subterráneos y los desahogos desde las entrañas del subsuelo.

Su perspectiva guarda relación con una visión general de la geología de Chile, relacionando terremotos, aguas subterráneas y aire internos:

> Puesta en Movimiento por la materia electrica la efervescencia subterránea de estas materias inflamables, de que se compone la base del terreno Chileño, causa igualmente los terremotos, unico azote á qué está sujeto aquel hermoso pais: bien que no es, á lo que parece, el agente inmediato que produce un fenómeno tan formidable; pues tanto el ayre interno, enrarecido extremamente por su propia elasticidad, quanto la prodigiosa fuerza del agua que se introduce desde el mar inmediato por los conductores subterráneos

> para reducirse despues en vapores, parecen con mas verosimilitud la ocasion proxima de semejantes catástrofes. (Molina, 1788:31-32).

Estos pasajes del *Compendio de la historia geográfica y natural del reino de Chile* del Abate Molina también han sido estudiados desde la historia de la ciencia por Francisco Orrego (2015). El autor señala que la perspectiva para describir las dinámicas subterráneas del Abate estuvo influenciada por la tradición asociada al jesuita alemán Athanasius Kircher (1602–1680).

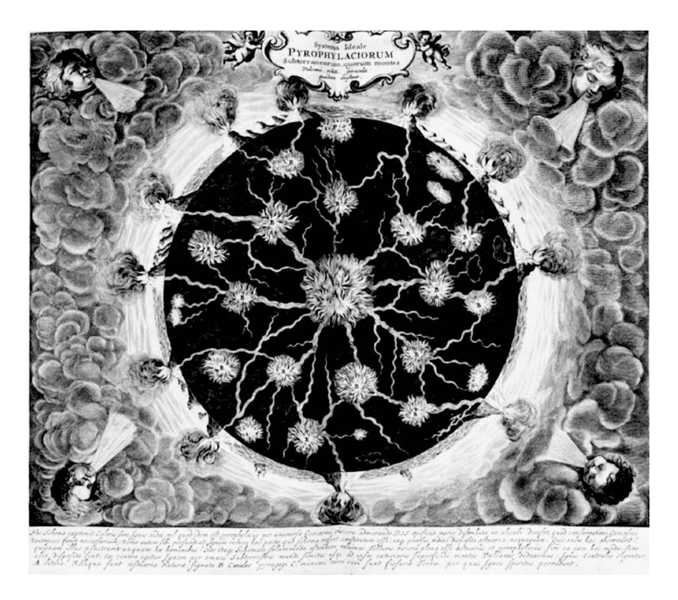


Figura 27: Ilustración de los canales de fuego subterráneos y del interior de la Tierra; Publicada en el libro Mundus Subterraneus de Athanasius Kircher, 1664.

La figura 27 es una representación visual del interior de la tierra de Kircher en el libro *Mundus Subterraneus* publicado en 1665 y considerado como uno de los pioneros en la discusión sobre la estructura interna de la tierra. En su trabajo, Kircher describe el subsuelo a partir de la diversidad de conductos subterráneos en el interior del globo terrestre. En esta representación, retomando la cosmología de la filosofía antigua basada en los elementos (fuego, agua, aire y tierra), articula un novedoso entendimiento desde la noción de geocosmos

y las grandes cavidades subterráneas por las que circula fuego, agua y viento (Sierra, 1981). Sus estudios y representaciones del interior de la tierra fueron mediados por experiencias retratadas en el prefacio de *Mundus Subterraneus*, escrito en 1660:

> Después de tantas pruebas por mar y tierra y tras haber explorado la increíble fuerza de la naturaleza que opera en las galerías subterráneas, me sobrevino un gran deseo de conocer si el Vesubio tenía alguna relación con el Strómboli y el Etna en esta terrible guerra de la naturaleza. Fui, pues, a Pórtici, lugar situado al pie del monte; a partir de aquí me hice guiar por un campesino conocedor de los caminos a quien di una espléndida propina y que me condujo a media noche haciéndome subir a través de sendas difíciles y escabrosas. Cuando alcancé el cráter, presencié un espectáculo horrendo: todo él estaba iluminado por el fuego y envuelto en un intolerable hedor de azufre y betún quemado. Atónito ante tan inusitado espectáculo, creía estar viendo el infierno, pues para serlo solo faltaban los demonios. Se oían los horrendos mugidos y estrépitos del monte que creo son inexplicables, así como los humos mezclados a los globos de fuego que vomitaban continuamente once bocas abiertas tanto en el fondo como en los lados del monte[4] (Kircher citado por Sierra, 1981:26-27).

Este inusitado e infernal espectáculo retrata lo subterráneo desde la inestabilidad del fenómeno y sus comportamientos inesperados. Esto resuena con los relatos de don José y las experiencias de Miguel trabajando con máquinas de perforación entre 1968 y 1976 realizada por el comité de la Corfo para la producción de electricidad en el Tatio, donde el vapor es descrito también desde los riesgos y peligros asociados a la temperatura del agua subterránea. El vapor se comporta de manera inesperada y sus altas temperatura plantean el riesgo de la destrucción del pozo, y junto a él todo el terreno desde donde se lleva a cabo la perforación.

Llama la atención en el relato de Kircher la presencia de un campesino quien lo conduce hacia el cráter. Pero el rol que cumple en el relato contrasta con los relatos de exploradores naturalistas del XIX en Chile. Esta perspectiva es representada icónicamente por el naturalista francés Claudio Gay (1800–1873). Intentando comprender la perspectiva local de los fenómenos geológicos, Gay registró las observaciones de los guías que lo acompañaron camino al crater. La experiencia y la observación local es descrita dentro del

4 Traducido del latín al español por Eduardo Sierra.

ámbito de la creencia, siendo excluida de lo que entiende como conocimiento válido.

Justamente en el contexto de los relatos sobre expediciones ascendiendo volcanes en el sur de Chile, es posible leer su visión sobre los guías locales:

> Los volcanes son para ellos montañas sagradas, no tanto porque vean en ellos la boca del infierno -para el que los misioneros inventaron la palabra cuthalmapu, (País de fuego)- sino porque lo creen habitado por caciques malvados e irritados. Les tienen un respeto tan grande que no se atreverían nunca a escalarlos, porque se enojan cuando uno se acerca a ellos y abren las esclusas echando a correr los vientos y las tempestades. Cuando en 1839 ascendí el de Antuco, mi guía principal -que por vivir muchos años en la Araucanía se había vuelto casi indio y adquirido todos los prejuicios del país- no quiso de ninguna manera acompañarme, con el pretexto de que tendríamos que padecer todo tipo de perturbaciones atmosféricas:
>
> 'He acompañado con los indios en estos parajes y todas las veces que, por fantasía, intentamos subirlo, inmediatamente fuimos interrumpidos por grandes tormentas.'
>
> Pero, quisiéralo o no, estuvo obligado a subir con nosotros, y por un singular azar nos tocó de noche un tiempo extremadamente proceloso, lo que no hizo más que fortalecer su absurda credulidad y terminó con una fe mayor a la que tenía al momento del ascenso, cuando el tiempo estaba admirablemente hermoso y despejado (Gay, 2018:256).

La razón por la cual menciono las descripciones de Gay es el contraste con Kirche respecto a la actitud atónita ante el inusitado espectáculo. El jesuita alemán se pone al centro del relato para describir lo subterráneo desde el horror, experiencia influyente en la creación posterior de las imágenes del interior de la tierra de *Mundus Subterraneus*. Esta actitud narrativa también se encuentra presente en los relatos del Abate Molina sobre los rumores y conductores subterráneos vínculados a las catástrofes. Es una forma de descripción donde el peligro se pone al centro del relato de lo subterráneo. Por contraste, en el relato de Gay al registrar la perspectiva local de los fenómenos geológicos mediante el guía que lo acompaña, las posibilidades de lo subterráneo son clausuradas y descartadas como parte del ámbito de la creencia. En este capítulo y a lo largo del libro, la naturaleza inesperada del fenómeno bajo descripción es una característica que activa la curiosidad de quien observa y experimenta las manifes-

taciones termales. Siguiendo las manifestaciones geotérmicas en la siguiente sección describo lo subterráneo como una experiencia de peligro que desborda relatos y la vida en este valle.

5.3 El silencio de las termas

"Antes las termas los antiguos no las pescaban[5] para nada" (entrevista, 27 de abril 2019), me cuenta el mismo don José. No es la primera vez que me encuentro con esta observación. Esta es compartida por Cristián, uno de los geólogos del CEGA, a quien le llama la atención la falta de relatos locales en Chile sobre los fenómenos geotérmicos comparado con otras regiones del mundo. Esto contrasta con trabajos realizados dentro del mismo CEGA que muestran lo contrario (Otero, 2014). También en oportunidades anteriores de trabajo de campo he conocido historias asociadas a las termas en el valle de Curarrehue al norte de Liquiñe. Específicamente, trabajando con la Comunidad Juan de Dios Huaiquifil (2017), aprendí que las aguas termales han sido espacios asociados a prácticas medicinales y culinarias. Esto lo confirmo con Mauricio, quién me cuenta que *los antiguos* pelaban chanchos o pollos en estas aguas. Esta idea también contrasta con la explicación de don Luis en el capítulo anterior sobre el rol del *pillan* como origen del calor de las aguas de las termas. Además, se diferencia de otras formas de registrar y relatar las manifestaciones geotérmicas ilustrados en la sección anterior.

Don José en su hogar, contándome sobre la búsqueda de termas, me entrega otra pista respecto a los silencios asociados a las termas:

> Los antiguos, de repente iban a bañarse a las termas, había muchas termas que no estaban descubiertas. Y él que sabía por ahí las tenía que buscar (...) Cómo antiguamente, pucha igual que el oro, las quebradas, la gente buscaba oro y si sabían los patrones, los pescaban y lo mataban, lo desaparecían. Los dueños desaparecían al compadre que pillaba oro.

Especulo que el silencio de *los antiguos* se puede deber al hecho de mantener estos sitios como lugares secretos. Los silencios en torno al pasado de las termas se encuentran entrelazados con la búsqueda por transformar los fenómenos geológicos en recursos. Pero la cita también hace referencia a las historias de

---

5 *Pescar* verbo utilizado en Chile que se refiere a poner atención o fijarse en algún elemento en particular.

violencia[6] a lo largo de los años de ocupación de este territorio, donde relatos y prácticas fueron quedando continuamente ocultas.

Las termas también han sido consideradas como espacios de peligro. Conversando sobre la creación de caminos, don José me cuenta:

> Ahí mismo en Carranco hay la historia de un viejito, que estaba haciendo el camino, el de Hipólito Muñoz. Ese camino lo hicieron a pura pala. Sin tractor sin nada. Para hacer caminos madereros y así fueron conectándose. Primero con huellas y después siguieron los caminos grandes. Y ese viejito, cuando pillaron las termas de Carranco, se fueron a bañar y estos no tantearon el agua. Se sacaron la ropa, se tiraron y tuvieron que partir al hospital por que quedaron quemados.

Las posibilidades del calor también son experimentadas como un espacio de miedo, lo que resuena con los relatos del vapor en el Tatio (capítulo 2). Durante un taller dado por el CEGA a la comunidad de Liquiñe en el que participé durante el trabajo de campo, uno de los miembros del CEGA comienza por preguntarle a la audiencia "¿Qué es la geotermia?" Esta es la pregunta inicial con la que comienza la actividad. A lo que él mismo responde: la energía de la tierra. Cuenta que el subsuelo guarda el calor del sol, pero 20 metros más abajo ya no. Más profundo, el calor viene del interior de la tierra. Pero para ilustrar esto desde una perspectiva pedagógica proyecta un video. En este breve video aparecen imágenes de volcanes y del interior de la tierra. El magma como fuente de calor y origen de las aguas termales.

Sin embargo, estas imágenes gatillaron el interés inmediato de los participantes de intervenir. Un hombre desde el público pide la palabra, cambiando la estructura del taller y foco desde los expertos hacia las personas sentadas en la audiencia. Su intervención abrió la posibilidad de comentar, comenzando las personas espontáneamente a hablar y contar sus experiencias. La persona menciona un brote de agua termal que encontró en su terreno, la cual le plantea la incógnita: "Si sale por ahí agua ¿cómo es que no va a salir fuego?" Cuenta que sale un vapor y que el brote va cambiando según eventos climáticos. Que existan conexiones subterráneas, como el video explica, no es algo nuevo para él; lo ha experimentado. Las conexiones subterráneas de las que el científico habla

---

6 Las huellas de la violencia se pueden ver en la orilla de los caminos de este valle. Junto a las rocas desde donde es posible ver evidencia de la falla geológica, es posible encontrar memoriales de detenidos desaparecidos y fusilados en la zona durante la dictadura militar.

no son ajenas. Incluso le quiere contar al científico las cosas que ha observado. Uno de los volcanes cercanos, el Choshuenco, una vez se tapó con nubes, y el agua de la terma en su terreno empezó a salir con cenizas. Los comentarios se van alternando con preguntas al experto en el escenario: "¿Hay volcanes subterráneos?", es otra pregunta que se hacen desde el público. Una señora le cuenta a la audiencia sobre una roca que existe en el sector donde vive y que hace ruidos raros cuando va a nevar. O el mismo volcán hace ruido cuando va a llover. Una señora del público cuenta que *los antiguos* decían que donde termina el pie del volcán, ahí *gorgorea* y comienza la terma. Menciona que, en una de las termas del sector, hay un *ojito del volcán*. "Ahí termina su pata y respira el volcán", dice.

Esta participación del público, sus preguntas y comentarios ocurren fruto de las imágenes que el científico presenta en el video. Las imágenes provocan un interés o la necesidad por relatar fenómenos que han experimentado, observados y que son parte de la vida de este valle. El interés de los participantes, al relatar sus experiencias con las evidencias del subsuelo, es también obtener respuestas de parte de los expertos relacionadas al riesgo de los desastres naturales y como proceder en caso de emergencia. El conocimiento geológico se vuelve relevante en este contexto para la audiencia, en tanto se demanda que puedan entregar respuestas, o intentar predecir cómo los fenómenos geológicos se van a comportar en el futuro.

En el miedo que producen la manifestación de estos fenómenos es posible distinguir un aspecto histórico relevante. Entre la gente del taller hay una alta presencia de adultos mayores, a quienes les tocó experimentar el terremoto de Valdivia de 1960. La falla geológica de Liquiñe-Ofqui descrita en este libro se vincula a eventos sísmicos. En este territorio aún existe memoria de que ha sido catalogado como el mayor sismo de la historia desde que se posee registros. Su magnitud fue de 9.5 ° Richter y tuvo como epicentro esta región, con una serie de eventos asociados como levantamiento y hundimiento de la costa, deslizamiento de terreno y actividad volcánica (Cisternas, 2011). Dentro de los registros sobre este histórico evento, un relato realizado por el escritor José Donoso (2011) describe los efectos del terremoto en la localidad de Liquiñe. Este escritor trabajando como periodista frente a la catástrofe, recorrió el valle de Liquiñe, que lo nombra como un "vallecito perdido en la cordillera de Valdivia" (Donoso, 2011:179), que debido a más de sesenta derrumbes quedó aislado. Relatando su experiencia, "En Liqueñe, estuve en presencia del fenómeno telúrico mismo, lo vi, lo palpé, caminé por él, y se me hizo imposible comprender

otra cosa que el terror de la catástrofe" (Donoso, 2011:179). El texto retratando el escenario es estremecedor:

> Es el cuadro más desolador que jamás he visto. A dos kilómetros de distancia, se alzaba un cerro cubierto de bosques, pero con una carie roja de dos kilómetros de alto en la vertiente norte. Ese fue el trozo de cerro que se desplomó, tapando el río Rihueco, formando una especie de pantano en cuyo confín estábamos. Los enormes troncos molidos, las enormes rocas pulverizadas, los restos de casas, de cercos, de animales, flotaban en una masa pesada como un mar de esqueletos. Dos kilómetros de cerro desplomado, que arrasaron dos kilómetros de valle, pulverizándolo todo a su paso. En el valle entero, no quedaba mas que un solo tronco en pie, negro, despojado de su follaje, solitario como Juan Antonio Luengo, que se paró junto a él. Luengo señaló el derrumbe, y se quedó inmóvil: -Todo se fue- dijo-. Yo acababa de terminar de construir mi casa. Tenía 45 hectáreas y estaba tramitando los títulos. Por eso fui al pueblo y por eso me salvé. Pero mi mujer y mi hija murieron. Esta es la corrida más grande. Yo subía hasta ella. Hay una grieta que la recorre de arriba abajo, y no se le ve el fondo. En algunas partes sale un agua caliente y lechosa, con olor a azufre (Donoso, 2011:189).

Luego de la catástrofe telúrica, la tierra se abre y el agua con olor a azufre brota. Desde este valle se registran testimonios de lo ocurrido, como la descripción de sor Constantina de la misión de Liquiñe: "El 22 de mayo de 1960, sor Gema vio abrirse la tierra ante ella y sus 36 internas" (1985:4). Un evento geológico como el descrito descentra la mirada, desde el miedo y terror. La superficie se desestabiliza e irrumpen dinámicas que aparentemente se encuentran ocultas en el subsuelo. Quienes habitan este valle han tenido que convivir con estas posibilidades. Es algo que se ha experimentado y permanece en la memoria. Pero el paisaje también puede volverse estable y sus eventos invisibles en el tiempo. Ser olvidados desde el silencio que precede al evento que se apaga, como lo describe en *Chile o una Loca geografía* Benjamín Subercaseaux (2010). Hasta que vuelve a irrumpir.

Este capítulo se encuentra atravesado por las termas como lugares donde se experimentan de manera directa las trayectorias del calor subterráneo. Por medio de rasgos en la superficie tales como burbujas de agua hirviendo, el olor a azufre, la musgosidad de las rocas o las formas en que la nieve se derrite en la superficie. En sus relatos, se entrecruzan aprendizajes junto al grupo científico y experiencias conviviendo con los comportamientos del agua al ascender y los terrenos donde emergen.

Por otro lado, se trata de un fenómeno que varía en la superficie. El hecho de que las termas puedan desaparecer y las posibilidades de que vuelvan a emerger significa que pueden ser potencialmente encontradas. Para lo cual se necesita aprender a cultivar estrategias y habilidades utilizando sentidos como el olfato, o incluso el oído, como cuenta don José. La posibilidad de que aparezca una terma produce el interés por encontrarla, siendo un recurso potencial. Lo que nos lleva a especular sobre otro de sus rasgos: los silencios históricamente asociados a estos espacios de agua termal y la discusión sobre la invisibilidad de la geotermia, la falta de relatos y atención pública. En contraste, se trata de espacios asociados a peligros potenciales. Que el fenómeno no sea visible a los ojos, no quiere decir que no tenga la capacidad de irrumpir. Las experiencias descritas nos enseñan que el calor se vive desde la escala del cuerpo humano, pero no se encuentra restringido exclusivamente a ella. La experiencia del miedo muestra como se interactúa con fenómenos que exceden la escala humana y que tienen la capacidad de desestabilizar la vida en este valle. Un lugar donde se vive con la posibilidad que las capacidades subterráneas irrumpan de manera inesperada.

6. Reflexión final



Figura 28: Revista Todo Pirque (1 de Julio de 1996) Gasoducto en Pirque; Recuperado de https://issuu.com/mauricio996/docs/todopirque_numero_1/3.

Durante la escritura de este libro surgió a menudo la pregunta sobre cómo llegué a interesarme en la energía geotérmica. Al hacer el ejercicio de mirar en retrospectiva, pensé en esta imagen (figura 28) y en Santiago de Chile donde crecí en los años 90. La fotografía muestra la construcción de un gasoducto para enviar gas de Argentina a Chile, que fue creado a finales de la década de los 90. Este cerro está a pocos metros de la casa de mis familiares en Pirque, una localidad al sur de Santiago.

Durante esos años, solía haber cortes programados en el sistema eléctrico de Santiago. Generalmente eran alrededor de las 20:00 horas, los cuales duraban algunas horas. En este contexto y como esta imagen retrata, se instalaron gasoductos como promesa de energía. En un comienzo, comprar gas pro-

veniente de Argentina fue visto como una buena solución por el gobierno de Eduardo Frei Ruiz-Tagle (1994–2000), el segundo gobierno democrático después de la dictadura militar de Augusto Pinochet, y en el contexto nacional de crecimiento económico en la década de los años 90. Sin embargo, posteriormente comenzaron los cortes provenientes de Argentina, producto de las variaciones en las políticas de energía.

Aunque esta imagen muestra la materialización de una promesa energética, crecí escuchando que el gas nunca fluyó por las tuberías instaladas. Una cicatriz en el cerro que sigue visible cada vez que visito a mi familia.

Las variaciones e interrupciones se consideran como una de las razones que despertó el interés general por la búsqueda de nuevas fuentes de energía en aquellos años. Este argumento también ha sido unos de los antecendentes para explicar *el boom* de las energías renovables en Chile (Ibarra, Vargas Payera & Morata, 2022).

Escribiendo esta reflexión final, noté que crecí en un contexto con constantes conversaciones sobre la necesidad de nuevas fuentes de energía. La energía no se daba por sentada, sino más bien era un tema de preocupación. A su vez, este caso retrata diferentes rupturas en las que lo aparentemente estable y constante (como la energía eléctrica) deja de serlo. Además nos invita a interrogarnos sobre cómo las promesas de energía futura afectan el presente. En las siguientes secciones que estructuran esta reflexión final realizo un recorrido por los principales hallazgos de este trabajo al estudiar las promesas de la energía geotérmica.

6.1 Los imaginarios de la electricidad

Un primer hallazgo conceptual y etnográfico fueron los efectos de los imaginarios de la electricidad en delimitar los futuros de la enegía geotérmica en Chile. Indagando en el lenguaje de la invisibilidad de los actores involucrados en el desarrollo de esta energía, me detuve en el rol que han jugado las imágenes asociadas a la producción de electricidad. Los reservorios de agua subterránea con altas temperaturas, y con potencial para producir electricidad, se encuentran efectivamente escondidos a la mirada humana. Pero además, al reducir el debate de la energía a la producción de electricidad, la geotermia aparece comparativamente como una fuente de energía marginal, e invisibilizando la diversidad de tecnologías asociadas al uso del calor del suelo. Si bien actores que buscan promover la geotermia plantean continuamente la existencia de

usos directos, una y otra vez, la producción de electricidad potencial se hace presente en los discursos a la hora de abrir la conversación sobre esta energía y su futuro.

Ejemplo de la preponderancia de imágenes asociadas a la electricidad a la hora de imaginar los futuros de la energía geotérmica son las inauguraciones descritas en el libro. Las imágenes de un recurso ilimitado y constante son utilizadas, una y otra vez, al imaginar los futuros de esta energía. Un caso icónico es la inauguración de Cerro Pabellón por la presidenta Michelle Bachelet en la comuna de Ollagüe en Alto Loa, la primera planta geotérmica de Sudamérica. En este evento las autoridades destacan su capacidad de producir energía de una manera continua las 24 horas del día como una de las características particulares de la geotermia. Esta inauguración es un evento simbólico por que materializa la promesa de comienzos del siglo XX de producir energía eléctrica. Este hito es retratado usando la imagen de la primera ampolleta que se logró encender con energía geotérmica en Sudamérica. Sin embargo, la inauguración de esta planta no ha significado una escalada en la utilización de esta energía, lo que contrasta con las promesas durante el evento y el creciente uso de la energía fotovoltaica fruto de la baja en sus costos y las nuevas condiciones de mercado.

Las inauguraciones de infraestructuras de energía significan una oportunidad para analizar los futuros que se buscan poner en práctica y también los desafíos asociados a sus relatos. Por ejemplo, en la inauguración de un proyecto de uso productivos directos del calor en Liquiñe descrito en mayor profundidad en el capítulo 4, en la ceremonia de inauguración y los discursos de las autoridades es posible notar como los desafíos de la energía son descritos exclusivamente como un problema de electricidad. A esto se suman imágenes tales como una *energía renovable inagotable bajo nuestros pies* utilizadas para promover la geotermia y su visibilidad en la discusión pública. Siguiendo los registros de las exploraciones geotérmicas, estas imágenes se encuentra históricamente relacionada a los imaginarios de la electricidad.

El epígrafe al comienzo de este libro, con las palabras del Ingeniero Domingo Mongillo en el Tatio en 1924 imaginando los futuros de la energía geotérmica, ejemplifica esta continuidad histórica. Describiendo el vapor como una entidad etérea que se desvanece inútilmente en el aire, la transformación en energía eléctrica funciona como metáfora del modernismo industrial. Las infraestructuras que logran sujetar y canalizar esta energía son también impregnadas de valores estéticos asociados a la capacidad de ofrecer una energía disponible día y noche. Imágenes similares de calderas y motores son utiliza-

das al describir el campo de géiseres, y su subsuelo como un sistema de tubería mecánica interconectado, con una riqueza oculta y constante. Imágenes y formas de descripción que siguen estando presente en las últimas décadas al promover la visibilidad de la planta Cerro Pabellón y su futuro potencial, ahora en un contexto mediado por las urgencias de la crisis climática y la descarbonización.

Las imágenes de un recurso futuro ilimitado y constante están íntimamente ligadas a la electricidad y contrastan con las experiencias de terreno en los contextos particulares bajo estudio. Las imágenes de un recurso constante bajo los pies no se ajustan a la naturaleza intermitente descrita en el Tatio. En este sitio la manifestación del calor subterráneo en la superficie, una y otra vez, demuestra una naturaleza caótica e intermitente. Sin embargo, la intermitencia que históricamente ha sido planteado como un desafío para la instalación de plantas generadoras de electricidad futuras, ha sido un interrogante de interés para las investigaciones en geología desde comienzo del siglo XX en los Andes chilenos.

Con este libro busqué estudiar cómo nuevas fuentes de energía son exploradas y el rol de la electricidad en las promesas de futuro. Como planteo en la introducción, las imágenes asociadas a la electricidad cumplen un rol ambiguo a la hora de buscar promover los futuros de la energía geotérmica. Al promover sus futuros potenciales para la producción de electricidad—paradójicamente—delimitan sus futuros. Las imágenes utilizadas al referirse a sus futuros tales como una fuente de energía *constante*, *disponible*, *inagotable* y en *continua necesidad de expansión* propia de las infraestructuras de electricidad, desvía la atención de las tecnologías para el uso directo de la geotermia y otros futuros posibles asociados a esta forma de energía.

Respecto a la invisibilidad de las infraestructuras, en el caso estudiado las infraestructuras de la energía geotérmica no son escondidas del escrutinio público. Según estudios de energía en las humanidades (Szeman & Boyer, 2017), las infraestructuras tales como tuberías han jugado un rol en dejar las energías fósiles fuera de la vista. En este sentido, las infraestructuras colaborarían en mantener invisible las formas en que la energía es producida. Por el contrario, en el caso descrito desde centros científicos asociados a la investigación geotérmica se busca promover su visibilidad. Sin embargo, estas formas de visibilidad al reproducir imágenes asociadas a las infraestructuras de electricidad restringe sus futuros. Este hallazgo, muestra que al contrario de las ideas a menudo asociadas a los trabajos pioneros de la vida social de las infraestructuras (Leigh Star, 1999), las infraestructuras estudiadas no son por definición invisi-

bles y se vuelven visibles exclusivamente cuando colapsan, si no que para que su instalación sea posible son acompañadas por una amplia gama de visibilidades en juego. Estas formas de visibilidad también se encuentran asociadas a las expectativas de futuro en su diseño, y el acompañamiento político para promover sus usos.

El efecto de los imaginarios de la electricidad también revela configuraciones preestablecidas en las políticas de la energía en Chile, y cómo estas imágenes se incertan en configuraciones específicas para captar el interés político y social para influir en el diseño de políticas públicas. En este sentido, la influencia de los imaginarios de la electricidad va más allá del caso de la geotermia, siendo replicable a otras fuentes de energía e ilustrando formas en que los futuros a ser alcanzados son organizados y definidos a un nivel social y nacional en Chile.

Por otro lado, este hallazgo se inscribe en el interés por fomentar una mayor discusión sobre los efectos en el presente de las promesas de energía. En el caso chileno, si bien se han hecho considerables esfuerzos por descarbonizar la matriz energética, al restringir las diversas promesas de la energía futura a la producción de electricidad, se corre el riesgo de volver invisible a un nivel público como en el día a día se organiza la energía a una escala nacional.

La discusión sobre los efectos de las promesas de energía en el presente guarda relación con un debate aún más general y global relacionado a las tecnologías emergentes para enfrentar el cambio climático. Uno de los riesgos de las promesas asociadas a las nuevas tecnologías es ir volviendo invisible el uso predominante de las energías fósiles, al quitar su atención del escrutinio público. A un nivel global esto se relaciona a los debates asociados a las tecnologías planetarias. Las promesas de la geoingenería, definidas como intervenciones a gran escala en los sistemas climáticos de la tierra para reducir los efectos de la crisis climática (Stilgoe, 2016), representan un caso paradigmático en este debate. Los riesgos de estas tecnologías no se encuentran restringidos exclusivamente a las consecuencias inesperadas de intervenir el sistema terrestre a una escala planetaria. Uno de sus principales efectos en el presente es como estas promesas de futuro afectan los debates sobre las políticas presentes de mitigación, posponiendo la reducción de emisiones y los acuerdos internacionales en el presente.

Las discusiones anteriormente descritas hacen referencia a posibles nuevos casos de estudio asociados a promesas de nuevas tecnologías que pueden ser abordados conceptualmente con las herramientas analíticas presentadas en este libro. A su vez, esta línea de investigación se puede continuar indagan-

do en como estas nuevas tecnologías y sus promesas afectan, modifican o reconfiguran los nuevos potenciales futuros de la energía geotérmica.

Desde un punto de vista general y abriendo futuras líneas de investigación, el aporte de este trabajo se relaciona a la pregunta: ¿Qué podemos aprender del contraste entre las promesas y los contextos específicos donde se busca llevar a cabo experimentos para encontrar soluciones al cambio climático? Este libro busca inspirar y ofrecer herramientas conceptuales y metodológicas para el estudio de nuevas tecnologías y el efecto de sus promesas en el presente.

6.2 Imaginar otros futuros posibles

Por otro lado, una etnografía de los futuros no necesariamente se limita a estudiar los efectos de las promesas de la tecnología en el presente. Hoy en ciencias sociales y humanidades existe un creciente interés por diversificar la imaginación sobre otros futuros posibles (Wilkie, Savransky & Rosengarten, 2017; Casals & Chiuminatto, 2018).

Esto guarda relación con un segundo hallazgo, relacionado a la tensión entre diversos imaginarios geotérmicos descritos. No sólo la invisibilidad está en juego, sino las tensiones entre diversos proyectos de visibilidad. Las promesas de la energía desde los imaginarios de la electricidad y su realización mediante prácticas de perforación subterránea producen tensiones entre diferentes visiones de futuro.

En este sentido, la contribución de este trabajo es dejar abiertas las interrogantes sobre los futuros geotérmicos, reflexionando con la pregunta ¿Desde qué evidencia se busca producir los futuros de la energía geotérmica? ¿Cómo las historias, relatos y experiencia con el calor en estos lugares específicos hace repensar el diseño de estas tecnologías y los imaginarios de la energía?

La invitación a imaginar otros futuros posibles también hace referencia al carácter especulativo asociado a los fenómenos geotérmicos y su descripción. A lo largo de este texto describo formas de interacción con fenómenos inacabados. Esto resuena con la misma forma de comportamiento del calor subterráneo en la superficie. En este recorrido he buscado ilustrar como el calor se experimenta involucrando humanos, rocas, vapores y aguas termales de una manera intermitente. Al describir la transformación en las promesas de futuro, ilustro también un cambio de escala y sensibilidad.

En este contexto, prestarle atención al comportamiento del calor, es también una invitación a imaginar y rediseñar, desde este ejercicio, experimentos

y nuevas infraestructuras. Siguiendo tradiciones de la arquitectura del paisaje (descrita en el capítulo 3), los relatos y experiencias con el calor subterráneo descritas también pueden ser fuente de inspiración para repensar infraestructuras de energía y sus futuros.

En el caso de la energía geotérmica, la intermitencia del vapor, su variabilidad y la fragilidad de estos fenómenos atmosféricos en la superficie es una invitación a experimentar con el diseño de infraestructuras de energía. La incompletud que sugiere la continua posibilidad de que una surgencia irrumpa en la superficie. En este sentido, el espacio de la terma es un espacio potencial para diseñar ejercicios pedagógicos y de aprendizaje sobre los fenómenos geológicos. Los relatos descritos en el libro y la incompletud de las manifestaciones geotérmicas pueden ser una fuente de inspiración en este sentido.

Por otro lado, la estética e imágenes presente en relatos y discursos de futuro es también un espacio fructífero para analizar como las imágenes de la electricidad delimitan y restringen estas otras formas de diseño posible. El contraste entre imaginarios de constancia y la intermitencia del fenómeno descrito en la superficie es una observación que se enmarca junto al creciente interés en los estudios sociales de la energía en reflexionar y describir cómo los elementos que la componen a menudo no se comportan de la manera esperada. Antes que tratarse exclusivamente de un problema a ser superado, los relatos asociados a los comportamientos inesperados del subsuelo son una oportunidad para interrogarse sobre los imaginarios asociados a los futuros de la energía geotérmica. Frente a los desafíos ambientales actuales, cobra una mayor significancia detenerse y observar atentamente las experiencias de ruptura asociadas a comportamientos inesperados, y las formas de solución que activan.

Esta dimensión indeterminada del subsuelo se relaciona a su naturaleza literal y metafórica. Si bien el subsuelo como espacio ha facilitado el impulso tecnológico para industrias extractivas, también se trata de espacios que históricamente han gatillado diversas formas de imaginación al tratarse de territorios desconocidos y ocultos a la mirada humana.

El segundo hallazgo que describo en esta sección guarda relación con los desajustes entre comportamiento de los fenómenos geotérmicos en la superficie y las formas de representación asociadas al futuro de esta fuente de energía. Los imaginarios de constancia se vuelven ambiguos en las experiencias de terreno, como describo al participar en exploraciones geológicas a lo largo de este libro. Esto no es ajeno para la geología como disciplina, y los límites aso-

ciados a interactuar con las evidencias que se puede ver desde la superficie. La imposibilidad de observar el fenómeno con el que se interactúa en su totalidad.

Esto guarda relación con el trabajo de Eric Nystrom (2014) quien estudiando la cultura visual asociada al desarrollo de profesiones técnicas para representar las estructuras subterráneas, también describe como los elementos que quedan fuera de estas formas de representación pueden causar coalisiones y desestabilizar proyectos tecnológicos. Las infraestructuras abandonadas de pasadas intervenciones tecnológicas y la misma inestabilidad de los fenómenos subterráneos, al colisionar con nuevos desarrollos hacen presente los límites de las representaciones del subsuelo. Estos límites son espacios productivos para estudiar los efectos de las promesas de la tecnología en el presente, pero también inspirar debates sobre otros futuros posibles.

6.3 El problema de la descripción

La pregunta sobre cómo describir infraestructuras de energía atraviesa todo este libro. Esta idea también sugiere un tercer hallazgo: el problema de la descripción. Un desafío común en las experiencias de terreno en antropología y geología. Durante el recorrido de este libro, la forma de responder frente a los hallazgos ha sido registrarlos en mi cuaderno de campo. Como describo en el capítulo 1 junto al geólogo Francisco Hervé, al igual que en la antropología, en geología las libretas de terreno son una forma central de registro y exploración. Ambas esbozan lo que se quiere conocer, excluyendo otros ámbitos de la realidad. Pero la tarea etnográfica ha consistido en—a partir de esa condición de posibilidad—seguir los elementos que irrumpen en el proceso de producir evidencia geotérmica.

La curiosidad durante este proceso ha sido una metodología central para la experiencia de registrar y describir, descentrando formas de atención previas. Este es un principio que intenté seguir para aproximarme al fenómeno de estudio, expandiendo la invitación de Anna Tsing a cultivar de *arts of noticing*[1] (Tsing, 2015). Antes que focalizar la curiosidad exclusivamente en un punto fijo para realizar un hallazgo, se trata también de estar abierto a seguir los elementos y trazados que irrumpen espontáneamente. Esto resuena con la invitación a cultivar una atención dispersa como forma de observación etnográfica. En otras palabras, lo que Bettina Stoetzer (2018), inspirada en el trabajo de Lois

---

1 *Los artes de la atención*, traducción propia al español.

Weinberger, llama la *inatención precisa*[2]. Esto implica estar atento a aquellas cosas que emergen, hallazgo que pueden surgir fruto de un vistazo rápido en el camino hacia otra dirección.

Frente al contexto actual de crisis planetaria la invitación a cultivar la curiosidad para limitar la destrucción se ha vuelto un llamado ético y político (Tsing et al., 2017). Personalmente, tengo mis dudas si la curiosidad va a lograr limitar los procesos de destrucción. El conocimiento curioso también puede ser activado frente a la destrucción de un cerro o los restos de una perforación. Sin embargo, al buscar describir en profundidad las prácticas de evidencia y sus trazados, he aprendido más sobre la capacidad de los fenómenos geotérmicos de desestabilizar los imaginarios de electricidad, comúnmente asociados a las infraestructuras de exploración geotérmica.

La descripción etnográfica me permitió aprender y seguir cuidadosamente como la intermitencia es una característica propia de las manifestaciones del calor en los sitios de estudio. Las experiencias en terreno muestran la fragilidad de las promesas de la geotermia como fuente inacabable de energía. Este límite antes que significar el fin de esta fuente de energía, es una oportunidad y punto de comienzo para repensar diseños, relatos y futuros de infraestructuras de energía. En este sentido, las surgencias de agua termal descritas son un laboratorio natural para el estudio de la geotermia. Especialmente, al permitir estudiar las condiciones del subsuelo en profundidad y el calor subterráneo. Pero también sugieren los límites y la intermitencia del fenómeno que se manifiesta en la superficie.

Detenerse reflexivamente en estos límites, las diferentes formas de hacer sentido de ellos y los relatos asociados, ha sido un ejercicio de reflexión que ha acompañado históricamente a la antropología como disciplina y la descripción etnográfica. El continuo ejercicio de describir y reconocer los propios límites, la parcialidad del punto de vista y los hallazgos inesperados en terreno, son uno de los principales aportes de la antropología, pero no exclusivo de esta disciplina. Esta es también una tradición presente en el terreno geológico y los desafíos de aprender a relacionarse con escalas temporales que exceden la escala humana.

El desafío de las escalas es uno de los principales retos con el que los estudiantes de geología tienen que aprender a lidiar en terreno. Este no sólo es un problema de medida, sino también de experiencia. En terreno, como describo, no se puede llegar a todas las superficies. Pero también esto aplica respecto a

2 Traducción propia del concepto en inglés *precise inattention*.

la dificultad humana para comprender temporalidades a una escala geológica. La experiencia del paisaje ofrece posibilidades y límites. Cómo el geólogo Juan me enseña en el capítulo 1, en geología se tiene que trabajar no sólo con lo que se puede observar, sino también con lo que no se ve. Este es uno de los principales desafíos para los estudiantes al iniciarse en esta disciplina y estudiar el subsuelo desde la superficie.

El trabajo de campo en ambas disciplinas ayuda a educar la mirada, para transformar en una oportunidad los desafíos de nuestros propios límites. Estas barreras se pueden volver una fuente de inspiración y poner en crisis el propio punto de vista. Como José, uno de los geólogos, me señala una vez concluído el trabajo de campo: "Tení que estar muy desquisiado para que el terreno no sea el espacio de encuentro. Es un remesón demasiado importante".

Esta actitud de apertura y aprendizaje durante el trabajo de campo llevó a que por momentos los límites entre las disciplinas se volvieran difusos y porosos. Esto contrasta con volver desde el terreno al espacio de la universidad donde–paradójicamente–los límites entre las disciplinas vuelven a hacerse presentes.

Por otro lado, reflexionar sobre los límites sugiere una importante diferencia entre estas disciplinas. Experimentar límites durante el trabajo de campo antes que un problema a ser borrado o resuelto, ha sido un tema central en la reflexión epistemológica de la antropología. Detenerse en estas experiencias es un ejercicio donde se reconocen los límites del proceso como condición de posibilidad para la comprensión.

Finalmente, quiero terminar con una reflexión sobre la (in)visibilidad. En las sociedades actuales del conocimiento y en un proceso creciente de digitalización, adquiere mayor notoriedad el valor central de la visibilidad y transparencia de las democracias modernas (Jasanoff, 2015). Reconociendo el valor de visibilizar, por medio de este trabajo, he aprendido a pausar su imperativo como acción a priori a ser desarrollada en todo contexto.

He buscado enfrentar la visibilidad volviéndola una pregunta etnográfica ¿Es deseable la visibilidad? ¿Para quiénes? ¿Qué es lo que se busca volviendo algo visible? Si bien aún existen dominios ha ser descubiertos por la mirada humana, y que esta posibilidad justamente moviliza la curiosidad científica, es también deseable en ciertos contextos detener la mirada humana y su intromisión. En este sentido, la etnografía me permitió explorar la (in)visibilidad de la evidencia geotérmica como una pregunta, y seguir sus formas de aparecer y ocultarse a la mirada humana. Esto último resuena con una discusión a lo largo de este trabajo. La invisibilidad del fenómeno geotérmico es una metáfo-

ra recurrente al imaginar sus futuros. Describir las diversas formas que toma la (in)visibilidad de esta energía fue la tarea propuesta. En este camino esta se transformó en una oportunidad para describir y aprender cómo los fenómenos geotérmicos de la cordillera de los Andes tienen la capacidad para desestabilizar las pretensiones humanas por controlar sus dominios subterráneos.

Agradecimientos

Quiero agradecer a la Profesora Eveline Dürr por su continuo apoyo en este camino como supervisora. Fruto de nuestras conversaciones y sus consejos he podido cultivar la confianza para embarcarme en esta aventura. Gracias por darme la oportunidad de formar parte del Rachel Carson Center (RCC). Este lugar ha sido mi hogar y comunidad en Munich. Le agradezco a cada una de las personas que he tenido la suerte de conocer durante los años en este centro. Especialmente, mis compañeros y compañeras del programa *Environment and Society*: Mariana Arjona Soberón, Veit Braun, Saskia Brill, Claudio De Majo, Daniel Dumas, Maximilian Fechtner, Fausto Ignatov, Andreas Jünger, Oliver Liebig, Eugenio Luciano, Martin Meiske, Huiying Ng, Jonatan Palmblad, Noemi Quagliati, Talitta Reitz, Sevgi Mutlu Sirakova, Jonas Stuck, y Fabian Zimmer. Gracias por todas las conversaciones, grupos de lectura, talleres, apoyo y recomendaciones.

Quiero agradecer la oportunidad de dictar el curso junto a Saskia Brill: *Environment and Knowledge: An Ethnographic Exploration* (2020) en el Institute of Social and Cultural Anthropology de la Universidad de Munich y *The Environmental Studies Certificate Program* del RCC. Diseñar este curso desde ejercicios etnográficos y la práctica de hacer diarios de campo me permitió reconocer su centralidad en mi propio trabajo y aprender de las experiencias de los estudiantes. También quiero agradecer a Anna Pilz por su compromiso y organización del *Writing group* en el RCC, una inspiración fundamental y también un espacio de rigor y disciplina para escribir todas las mañanas. Gracias por este rito que espero poder continuar.

Al comienzo de este recorrido fueron fundamentales las lecturas del *Reading group on Energy Humanities* (2018) el que organizamos junto a Irma Allen y Werner Krauss. Especialmente, la sesión que combinamos con la visita a la exhibición *Energie.wenden* del Deutsches Museum. Me gustaría agradecer la oportunidad de organizar junto a Saskia Brill y Noemi Quagliati el workshop

Writing with landscape. A workshop with Laura Watts (2020), determinante en el rumbo de este trabajo. Esta actividad fue una invitación a imaginar formas de escritura experimental, buscando descentrar la mirada humana y dar una voz narrativa a los elementos del paisaje. Si bien estos ejercicios confirmaron la imposibilidad de descentrarse de un punto de vista humano, fueron una provocación para cultivar nuevas formas de atención. Quiero agradecer especialmente a Ursula Münster por ser parte de esta enseñanza, la que también ha sido uno de los aprendizajes centrales en mi tiempo de formación en el RCC y las humanidades ambientales. También por la oportunidad que significó el viaje por Wisconsin durante el workshop *Animating the landscape* (2018) junto a estudiantes y profesores tanto del RCC como del Nelson Institute for Environmental Studies de la Universidad de Wisconsin-Madison. Las conversaciones en el bus recorriendo los paisajes que inspiraron a Aldo Leopold fueron fundamentales al comienzo de este proceso. Quiero agradecer especialmente los comentarios de Sainath Suryanarayanan en este viaje. Toda la estructura que permitió estas actividades es gracias a Christof Mauch, a quien quiero agradecer por crear el RCC, un oasis de conversación, estímulo y encuentro. También al equipo del RCC, especialmente quiero agradecer a Arielle Helmick, Lena Engel y la ayuda de Laura Mann consiguiendo libros para la biblioteca del RCC.

Pero también durante este tiempo fue fundamental encontrar un espacio donde vincularme y continuar aprendiendo de mi propia disciplina; la Antropología. Eso lo encontré en el Institute of Social and Cultural Anthropology, cruzando por el Englischer Garten desde el RCC a los *Amerikas Colloquium* organizados por Eveline Dürr. Estos seminarios me permitieron continuar aprendiendo de las discusiones teórica y etnográficas, desarrollando una mirada comparativa sobre América Latina. Aquí tuve la posibilidad de presentar mi trabajo luego del trabajo de campo (2019) y recibir valiosos comentarios. Gracias a este espacio tuve la oportunidad de conocer, compartir y aprender de Helmut Schindler y sus experiencias en el sur de Chile. En el Instituto también recibí comentarios de mi supervisora y mis compañeras de doctorado durante los *Doktorandenkolloquium*. También quiero agradecer la organización de los grupos de lectura del Instituto organizados por el *Contemporary Anthropology Reading Group* (CARG), especialmente las conversaciones con Alessandro Rippa.

Quiero agradecer los comentarios de Sandra Calkins al presentar mi trabajo en el panel *Disciplining the senses* (2020) de la conferencia de la Society for Social Studies of Science (4S) y la European Association for the Study of Scien-

ce and Technology (EASST). También los comentarios de Simone Abram, Alexander Taylor, Sarah Pink, Gabriela Cabaña y Julia Velkova durante el workshop *Energies and Technologies Futures* organizado por la *Future Anthropologies and Energy Anthropology Network* de la European Association of Social Anthropologists (EASA) en la Universidad de Lyon. También al grupo *DFG research group, Evidence Practices* por la organización de la conferencia *Practicing Evidence – Evidencing Practice. How is (Scientific) Knowledge Validated, Valued and Contested?*, especialmente al profesor Helmut Trischler.

Quiero agradecer la oportunidad de participar en estas conferencias y workshops gracias al financiamiento del RCC para los miembros del programa de doctorado *Environment and Society*. También el apoyo del programa *Global Cultures – Connecting Worlds* de la Universidad de Munich. Mis estudios de doctorado fueron posible gracias al apoyo del programa *Beca de Doctorado en el Extranjero Becas Chile* de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID).

En Chile, quiero partir por agradecer a la Escuela de Antropología y la Facultad de Ciencias Sociales de la Pontificia Universidad Católica de Chile. En estas instituciones tuve la posibilidad de comenzar mi formación y camino de investigación. Especialmente quiero agradecer a Piergiorgio Di Giminiani, quien me introdujo en la antropología del paisaje y me invitó a participar en su investigación en el sur de Chile. También quiero dar gracias a las experiencias de trabajo con Cristián Simonetti. Además, agradecer a la comunidad del Centro de Desarrollo Local de Sede Villarrica (CEDEL) y el Centro de Estudio Interculturales e Indígenas (CIIR), especialmente a Alberto Dittborn, Gonzalo Salazar, Daniela Jacob, Josefina Buschmann y Paolo Perasso. También las conversaciones con Manuel Tironi y la invitación a ser parte de la organización y registro del encuentro *Antropoceno en Chile: Desafíos actuales, futuros posibles* en la Estación Costera de Investigación Marina UC.

Quiero agradecer los comentarios, lectura, y conversaciones con mi segundo supervisor Sebastián Ureta, Profesor del Departamento de Sociología y director del Magister en Ciencia, Tecnología y Sociedad de la Universidad Alberto Hurtado. Sus sugerencias han sido de suma relevancia para afinar el diálogo de este trabajo con los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). También la organización de la Escuela de Primavera *Transiciones energéticas desde el Sur: Una mirada multidimensional a las transiciones hacia la Sustentabilidad* del Núcleo Milenio de Investigación en Energía y Sociedad (NUMIES). Quiero dar gracias por los comentarios, conversaciones y apoyo del Profesor Gustavo Blanco y el grupo de estudiante de doctorado. Especialmente durante el seminario *Las Po-*

líticas de la Vida: Existencias, resistencias y el irreverente mundo de las cosas en la Universidad Austral de Chile. Quiero darle las gracias al antropólogo Pablo Bahamonde por la invitación a presentar mi trabajo a la Escuela de Arqueología de la misma Universidad, y el estímulo para reflexionar más sobre los diarios de campo y el rol de los guías locales en las prácticas científicas. También quiero agradecer la invitación de la Profesora Romy Hecht, de la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile, a presentar a su seminario *Temáticas del Paisaje. ¿Es el paisaje…?* del Magíster en Arquitectura del Paisaje (MAPA). Las reflexiones sobre el *problema de las escalas* durante este seminario fue determinante en mi proceso de escritura. Finalmente, quiero mencionar la presentación en el panel *Ciencia e historia ambiental en Chile: naturaleza, conflictos, recursos* organizado por el Laboratorio de Historia de la Ciencia, Tecnología y Sociedad, en el Instituto de Historia de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Especialmente agradecer los comentarios y recomendaciones de Catalina Valdés, María José Correa, William San Martín y Cecilia Ibarra.

Este trabajo fue posible gracias a las personas de las que puede aprender y compartir en terreno. Este trabajo se compone de diversos momentos en que personas generosamente me quisieron enseñar. Agradezco al CEGA por darme la oportunidad de realizar este trabajo. Principalmente, a Sofía Vargas Payera y su continuo apoyo para realizar el trabajo con los grupos en terreno y permitiéndome acceder a los documentos históricos del CEGA y los archivos de prensa. Su confianza permitió que este trabajo sea posible. También a Diego Morata, director del CEGA y a la profesora Gloria Arancibia del departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica de Pontificia Universidad Católica de Chile. Gracias a todas las personas dentro del CEGA con quienes pude aprender y compartir.

A mí papá por la sed de naturaleza, las salidas al cerro y ser mi primer guía. El interés por la idea de explorar nace de ti. Me acuerdo de esas mañanas, llevando mandarinas, botellas de agua, binoculares y crema para el sol a nuestras salidas. Si bien él me iba mostrando nombre de aves, árboles y flores, a mí me costaba retener. Lo que más me producía interés no eran sus nombres, sino ver el entusiasmo y admiración de mi papá por ellos. Caminábamos a paso lento, ya que él se detenía buscando flores, rocas o aves. Muchas veces me cansaba, y pensaba *¿Qué está buscando? ¿Qué está viendo?* Las preguntas de este trabajo nacen de esos momentos y la sed por aprender de lo que otros ven en la naturaleza.

Quien me enseñó a confiar en esas preguntas fue mi madre. Ella me ayudo a no sentirme inseguro por mi dispersión, y haciéndome creer que existía ahí

un potencial, una manera de vivir. Mostrándome libros ella me hizo cultivar el amor por la literatura y los cuadernos. De ella nace la inquietud de ver las preguntas de la naturaleza como un relato a ser contado y la descripción como un oficio. Pienso que el hábito de llevar una libreta nace también de ella. Su espíritu celebratorio y musical ha sido un regalo que está en mi núcleo. Quiero agradecer especialmente a mis hermanas y sus familias, por compartir y seguir cultivando juntos estos intereses. A Elisa, por sus cantos y compañía fiel. A Antonia, quiero agradecerle infinitamente por tu lectura, críticas y consejo desde el oficio de historiadora. Muchas gracias por tu generosidad y atención continua. Mi abuela Cecilia y su talento para contar historias. A mi madrina Pamela, por su compañía escuchando mis intereses e invitandome siempre a cultivarlos. Tambien a Josefina Fontecilla por todos los libros y lecturas compartidas.

Este texto es sobre todo para Camila Hidalgo Ávila. Todo este camino ha sido junto a ti. Gracias por tu lectura atenta y enseñanzas. Tu has sido mi fuente de plenitud cada día. También gracias por tu paciencia infinita frente a los riesgos provocados por este estudiante que ve el fenómeno geotérmico y se distrae, incluso calentando el agua de los tallarines. Este trabajo, pero sobre todo el proceso de maduración y camino interior es gracias a tu compañía. Este texto es para ti.

También quiero dedicar este trabajo especialmente a la memoria de Hugo Hidalgo Figueroa. Usted ya cruzó el río y ha seguido subiendo el cerro. Su partida fue una fractura en este camino. Nos hizo enfrentarnos al misterio. Le agradezco el regalo de poder compartir la vida junto a su hija. Admiro su humildad, el padre que fue y cómo vivió la vida. Me inspira cada día a seguir aprendiendo y ver el camino de aprendizaje de este libro como un regalo.

Lista de abbreviaciones

ANID	Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo
CEGA	Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes
CODELCO	Corporación Nacional del Cobre
CONADI	Corporación Nacional de Desarrollo Indígena
CORFO	Corporación del Fomento de la Producción
ENAP	Empresa Nacional del Petróleo
ENEL	Ente Nazionale per l'Energia Elettrica
EXPLORA	Programa Nacional de Divulgación y Valoración de la Ciencia y la Tecnología
FONDAP	Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
SERNATUR	Servicio Nacional de Turismo
UTM	Unidad Tributaria Mensual

Bibliografía

Adam, B., & Groves, C. (2007). *Future Matters: Action, Knowledge, Ethics*. Brill.

Aguilera, J. M., & Larraín, F. (2021). Natural Laboratories in Emerging Countries and Comparative Advantages in Science: Evidence from Chile. *Review of Policy Research* 38(6):732-53.

Anand, N., Gupta, A., & Appel, H. Eds. (2018). *The Promise of Infrastructure*. Durham: Duke University Press Books.

Aravena, D. Muñoz Morales, M. & Morata, D. (2022). Exploración geotérmica en Chile: qué sabemos y cómo aprendimos del potencial geotérmico. En Ibarra, C., Vargas Payera, S. & Morata D. Eds. *Geotermia en Chile: un siglo de historia para un desarrollo sustentable*. Santiago: Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes (CEGA).

Arellano, N. (2017). El desierto de atacama como laboratorio: experimentos y tecnologías de la energía solar (1872- 1981). *Aldea Mundo*, 22(44).

Ariztía, T., Boso, A & Tironi, M. (2017). Sociologías de la energía. Hacia una agenda de investigación. Revista Internacional de Sociología 75(4):074.

Argandoña, C. (2 de octubre de 2009). Ordenan paralizar obras en El Tatio y empresa acepta revisión ambiental. La Tercera, 16–17.

Baigorrotegui, G. (2019). Destabilization of Energy Regimes and Liminal Transition through Collective Action in Chile. *Energy Research & Social Science*, 55:198–207.

Ballestero, A. (2019a). The underground as infrastructure? Water, figure/ground reversals and dissolution in Sardinal. En K. Hetherington Ed., *Infrastructure, Environment, and Life in the Anthropoocene*. Duke University Press.

Ballestero, A. (2019b). Touching with Light, or, How Texture Recasts the Sensing of Underground Water. *Science, Technology, & Human Values*, 44(5):762–785.

Barandiarán, J. (2018). *Science and Environment in Chile: The Politics of Expert Advice in a Neoliberal Democracy*. MIT Press.

Barrena, J., Hernando, M., & Rojas, F. (2016). Antecedentes históricos sobre el Complejo Forestal y Maderero Panguipulli, provincia de Valdivia, Centro-sur de Chile. *Bosque*, 37(3):473-484.

Barry, A. (2016). Infrastructure and the earth. En Harvey, P. Jensen, C. B. & Morita, A. Eds. *Infrastructures and Social Complexity: A Companion*. London and New York: Routledge.

Bauer, C. (1998). *Against the current: Privatization, water markets, and the state in Chile*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

Bebbington, A., & Bury, J. Eds. (2013). *Subterranean Struggles: New Dynamics of Mining, Oil, and Gas in Latin America*. University of Texas Press.

Bello, A. (2011). *Nampülkafe: el Viaje de los Mapuches de la Arucanıía a las Pampas Argentinas: Territorio, Polıítica y Cultura en los Siglos XIX y XX*. Temuco: Ediciones Universidad Católica de Temuco.

Bengoa, J. (2000). Historia del pueblo mapuche: siglos XIX y XX. Lom Ediciones.

Bertrand, A. (1885). *Memoria Sobre las Cordilleras del Desierto de Atacama i Rejiones Limítrofes*. Santiago de Chile: Imprenta nacional.

Bianchini, C. (28 de mayo de 2019). El Potencial Paisaje de la Energía Geotérmica. *LOFscapes*. Recuperado de http://www.lofscapes.com/blog/2019/5/27/el-potencial-paisaje-de-la-energa-geotrmica.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (1952). Sesión 24.a ordinaria, en martes 15 de julio de 1952. Recuperado de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo? id=recursoslegales/10221.3/13397/1/C19520715_24.pdf.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2000). Historia de la Ley N° 19.657 Sobre Concesiones de Energía Geotérmica. Recuperado de https://www.bcn.cl/historiadelaley/nc/historia-de-la-ley/7033/.

Blanco, G. 2019. La vida social de la energía: apuntes para el estudio territorializado de las transiciones energéticas. *Sociologias*, 51:160-185.

Bolados, P. (2014). Los conflictos etnoambientales de "Pampa colorada" y "El tatio" en el Salar de Atacama, Norte de Chile: Procesos étnicos en un contexto minero y turístico transnacional. *Estudios atacameños* (48):228-48.

Bórquez, C., De la Fuente, J. & Comité Geotérmico, Corfo (1977). Estudio de factibilidad para la instalación de una central geotermoeléctrica en El Tatio, 1a. etapa-30 M.W. Santiago: Corfo.

Boyer, D. (2015). Anthropology Electric. Cultural Anthropology, 30(4):531–39.

Boyer, D. (2019). Energopolitics: Wind and Power in the Anthropocene. Durham: Duke University Press.

Böning, E. (1974). *Der Pillánbegriff der Mapuche*. St. Augustin: Steyler Verlag.

Böning, E. (1995). *El concepto de Pillán entre los mapuches*. Buenos Aires: Centro Argentino de Etnología Americana.

Braun, B. (2000). Producing vertical territory: Geology and governmentality in late Victorian Canada: *Ecumene*, 7:7-46.

Brüggen, J. (1942). Los geisers de los Volcanes del Tatio. *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 93(101):236-259.

Brown, P. (1992). Popular Epidemiology and Toxic Waste Contamination: Lay and Professional Ways of Knowing. *Journal of Health and Social Behavior*, 33(3):267.

Bryant, R., & Knight, D. M. (2019). *The Anthropology of the Future*. Cambridge and New York: Cambridge University Press.

Callon, M. (1984). Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of St Brieuc Bay. *The Sociological Review*, 32:196-233.

Camus, P., & Solari, M. E. (2008). La invención de la selva austral: Bosques y tierras despejadas en la cuenca del río Valdivia (siglos XVI-XIX). *Revista de geografía Norte Grande*, 40, 5–22.

Carr, E. S. (2010). Enactments of Expertise. *Annual Review of Anthropology*, 39(1):17-32.

Carrasco, A. (2020). *Embracing the Anaconda: A Chronicle of Atacameño Life and Mining in the Andes*. Lanham: Lexington Books.

Casals, A. & Chiuminatto, P. (2019). *Futuro esplendor: Ecocrítica desde Chile.* Santiago de Chile: Orjikh editores.

Cataldi, R., Hodgson, S. F. & Lund, J. W. (1999). *Stories from a Heated Earth, Our Geothermal Heritage*. Sacramento, California: Geothermal Resources Council.

Cisternas, A. (2011). El país más sísmico del mundo. *Anales de la Universidad de Chile*, 1(7):179-190.

Clark, N. (2019). Political Geologies of Magma. En Bobbette, A. & Donovan, A. Eds. *Political Geology*. Palgrave Macmilan.

Clark, N. (2014). Geo-Politics and the Disaster of the Anthropocene. *The Sociological Review*, 62 S1:19-37.

Comunidad Juan de Dios Huaiquifil (2017). *Magti: Relatos de la comunidad Juan de Dios Huaiquifil, Región de la Araucanía, Curarrewe*. Santiago: Centro de Estudios Interculturales e Indígenas (CIIR).

Collins, H. M., & Evans., R. (2007). *Rethinking Expertise*. Chicago: University of Chicago Press.

CORFO (1977). *Objetivos, Funciones y Estructura*. Santiago: Impresión Copias.

Correa, M. J. (2017). "A kind of little Wiesbaden, or rather Leukerbad, in the bosom of the Andes". Experiencia científica y cultura termal en los Andes, siglo XIX. En Sanhueza, C. Ed. *La movilidad del saber científico en América Latina. Objetos, prácticas e instituciones (siglos XVIII al XX).* Santiago: Editorial Universitaria.

Correa, M. J. (2018). "Una vida material enteramente nueva". Los establecimientos termales como espacios emocionales en Chile central, siglo XIX. En Cordero, M., Moscoso-Flores, P. & Viu, A. Eds. *Rastros y gestos de las emociones. Desbordes disciplinarios.* Santiago: Cuarto Propio.

Daston, L. (1991). Marvelous Facts and Miraculous Evidence in Early Modern Europe. *Critical Inquiry*, 18(1):93-124.

De la Cadena, M. (2015). *Earth Beings: Ecologies of Practice across Andean Worlds*. Duke University Press Books.

Decreto con Fuerza de Ley N°1122. Fija texto del código de aguas. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 29 de octubre de 1981.

Di Giminiani, P., & Fonck, M. (2015). El paisaje como proceso de vida: Experiencias de domesticación del bosque en el sur de Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, 61:7-24.

Di Giminiani, P., Fonck, M., & Perasso, P. (2019). Can natives be settlers? Emptiness, settlement and indigeneity on the settler colonial frontier in Chile. *Anthropological Theory*, 0(0):1-25.

Dillehay, T.D., & Zavala, J.M. (2013). Compromised landscapes: The proto-panoptic politics of colonial Araucanian and Spanish parlamentos. *Colonial Latin American Review*, 22(3):319–43.

Donoso, J. (2011). El escribidor intruso; artículos, crónicas y entrevistas (fragmento). *Anales de la Universidad de Chile*, 1 (7):179-190.

Dorador, C., Meneses, D. Urtuvia, V., Demergasso, C., Vila, I. Witzel, K. P. & Imhoff, J. (2009). Diversity of Bacteroidetes in High-Altitude Saline Evaporitic Basins in Northern Chile. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 114 (G00D05): 1–12.

Energía Abierta (2019). Balance Nacional de Energía 2019. Comisión Nacional de Energía. Recuperado de http://energiaabierta.cl/visualizaciones/balance-de-energia/.

Fernández, O. (4 de octubre de 2009). Las advertencias que se dejaron pasar y las fallas de la firma en el caso. *La Tercera*, 20–21.

Fonck, M., & Simonetti, C. (2020). Resonancias geológicas: Aprendiendo a ser afectados por las fuerzas de la tierra en el Antropoceno. *AIBR Revista de Antropología Iberoamericana*, 15:157-178.

Furnaro, A. (2020). Neoliberal energy transitions: The renewable energy boom in the Chilean mining economy. *Environment and Planning E: Nature and Space*, 3(4):951-975.

Gay, C. (2018). *Usos y costumbres de los araucanos. Traducción y edición en Castellano por Diego Milos.* Chile: Editorial Taurus.

Geissler, P.W., Lachenal, G., Manton, J., & Tousignant, N. Eds. (2016). *Traces of the Future: An Archaeology of Medical Science in Africa*. Bristol: Intellect Ltd.

Goodwin, C. (1994). Professional Vision. *American Anthropologist* 96(3):606-33.

Gordillo, G. (2014). *Rubble. The Afterlife of Destruction*. Durham/London: Duke University Press.

González-Ruibal, A. (2008). Time to Destroy: An Archaeology of Supermodernity. *Current Anthropology,* 49:247–79.

Grebe, M. E. (1986). Algunos paralelismos en los sistemas de creencias Mapuches: Los espíritus del agua y de la montaña. *Cultura, Hombre, Sociedad (CUHSO)*, 3:143-154.

Guridi, J. A., Pertuze, J. A., & Pfotenhauer, S. M. (2020). Natural laboratories as policy instruments for technological learning and institutional capacity building: The case of Chile's astronomy cluster. *Research Policy*, 49(2):1–18.

Haraway, D. (1988). Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective. *Feminist Studies,* 14(3):575.

Hauser, A. (1991). Hans Steffen, Precursor del concepto falla Liquiñe-Ofqui. *Revista Geológica de Chile,* 18:177-79.

Hernando-Arrese, M. (2017). "Nos merecemos dignidad": El desarrollo hidroeléctrico en el Valle de Liquiñe. Simposio Académico: *Análisis de Conflictos Sociales y Ambientales de Chile*, Goethe Universität de Frankfurt, 28–29 de Septiembre.

Hernando-Arrese, M., & Rasch, E. (2022). The Micropolitical Life of Energy Projects: A Collaborative Exploration of Injustice and Resistance to Small Hydropower Projects in the Wallmapu, Southern Chile. *Energy Research & Social Science*, 83:102332.

Hervé, F., I. Fuenzalida, E. Araya, & A. Solano. (1979). "Edades radiométricas y tectónicas neógenas en el sector costero de Chiloé continental, X Región". En Congreso Geológico Chileno, 2(1):F1-F18, Arica.

Hetherington, K., & Campbell, J. M. (2014). Nature, Infrastructure, and the State: Rethinking Development in Latin America: Nature, Infrastructure, and the State. *The Journal of Latin American and Caribbean Anthropology*, 19(2):191-194.

Howe, C. 2019. Ecologics: Wind and Power in the Anthropocene. Durham: Duke University Press.

Hustak, C., & Myers, N. (2012). Involutionary Momentum: Affective Ecologies and the Sciences of Plant/Insect Encounters. *Differences: A Journal of Feminist Cultural Studies*, 23(3):74-118.

Hutton, J. (1788). Theory of the earth; or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of land upon the globe. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 1:209-304.

Ibarra, C., Vargas Payera, S. & Morata D. (2022). Geotermia en Chile: un siglo de historia para un desarrollo sustentable. Santiago: Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes (CEGA).

Iommi, G., Cruz, A., Cruz, F., Girola, C., Boulting, J., Deguy, M., Simons, E., Boulting, J., Tronquoy, H., Fédier, F. Pérez Román, J., Girola, C., Eyquem, M. & Mello Mourão, G. (1967). *Amereida*. Santiago: Editorial Cooperativa Lambda, Colección Poesía.

Irvine, R. (2014). Deep time: An anthropological problem. *Social Anthropology*, 22(2): 156–172.

Jaffe, R., Dürr, E., Jones, G. A., Angelini, A., Osbourne, A., & Vodopivec, B. (2020). What does poverty feel like? Urban inequality and the politics of sensation. *Urban Studies*, 57(5):1015-1031.

Jasanoff, S., & Kim, S.-H. (2009). Containing the Atom: Sociotechnical Imaginaries and Nuclear Power in the United States and South Korea. *Minerva*, 47(2):119-146.

Jasanoff, J. (2015). Future Imperfect: Science, Technology, and the Imaginations of Modernity. En Jasanoff, S., & Kim, S. Eds. *Dreamscapes of modernity: Sociotechnical imaginaries and the fabrication of power.* University of Chicago Press.

Kastens, K. A., Manduca, C. A., Cervato, C., Frodeman, R., Goodwin, C., Liben, L. S., Mogk, D. W., Spangler, T. C., Stillings, N. A., & Titus, S. (2009). How Geoscientists Think and Learn. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 90(31):265-266.

Kearnes, M., & Rickards, L. (2017). Earthly graves for environmental futures: Techno-burial practices. *Futures*, 92:48-58.

Klubock, T. M. (2014). La Frontera: Forests and Ecological Conflict in Chile's Frontier Territory. Durham: Duke University Press.

Kuchler, M., & Bridge, G. (2018). Down the black hole: Sustaining national socio-technical imaginaries of coal in Poland. *Energy Research & Social Science*, 41:136-147.

Lahsen & Trujillo, (1975). El Tatio geothermal field, Chile. Proceedings 2nd U.N. Symposium on Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, CA, I:157-178.

Lahsen, A., Sepúlveda, F., Rojas, J. & Palacios, C. (2005). Present Status of Geothermal Exploration in Chile. En Proceedings World Geothermal Congress, Antalya, Turkey.

Larkin, B. (2013). The Politics and Poetics of Infrastructure. *Annual Review of Anthropology*, 42(1):327-343.

Latour, B. (2004). *Politics of Nature: How to Bring the Sciences into Democracy*. Harvard University Press.

Lehuedé, S. (2021). The coloniality of collaboration: sources of epistemic obedience in data-intensive astronomy in Chile. *Information, Communication & Society,* 1–16.

Ley N°19.253. Sobre protección, fomento y desarrollo de los indígenas. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 28 de septiembre de 1993.

Ley N°19.657. Sobre concesiones de energía geotérmica. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 7 de enero de 2000.

Ley N°20.417. Crea el ministerio, el servicio de evaluación ambiental y la superintendencia del medio ambiente. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 26 de enero de 2010.

Martínez Medina, S. (2020). Lo que pliega la colecta: Conocimientos, científicos y especímenes para otras ciencias posibles. *Antípoda. Revista de Antropología y Arqueología*, 41:31-56.

Matus, A. (1994). El Ceremonial de la Limpia de Canales en Caspana. Revista Chilena de Antropología 12:65–86.

Medina, E. (2011). *Cybernetic Revolutionaries: Technology and Politics in Allende's Chile*. The MIT Press.

Meiske, Martin. 2021. Die Geburt des Geoengineerings: Großbauprojekte in der Frühphase des Anthropozäns. Göttingen: Wallstein.

Melo Zurita, M. de L., George Munro, P., & Houston, D. (2017). Un-earthing the Subterranean Anthropocene. *Area*, 50(3):298-305.

Mendez, M., Prieto, M., & Godoy, M. (2020). Production of subterranean resources in the Atacama Desert: 19th and early 20th century mining/water extraction in The Taltal district, northern Chile. *Political Geography*, 81:102194.

Mercado, C., Rodriguez, P. & Uribe, M. (1996). Tiempo del verde, tiempo de lluvia. Carnaval en Aiquina. Santiago: Lom Ediciones, Chimuchina Records.

Mercado, C. (2012). La música ritual. En Aldunate, C. Ed. *Atacama.* Santiago: Museo Chileno de Arte Precolombino.

Miller, J. C., Prieto, M. & Ayán Vila X. M. (2021). The Geopolitics of Presence and Absence at the Ruins of Fort Henry. Environment and Planning D: Society and Space 39(1):139-57.

Miranda, P. (2019). *Julian Colamar recuerda. Un testimonio atacameño*. San Pedro de Atacama: Ediciones del Desierto.

Molina, J. I. (1788). *Compendio de la historia geográfica, natural y civil del Reyno de Chile escrito en italiano por don Juan Ignacio Molina. Traducida en español por Domingo Joseph de Arquellada Mendoza.* Madrid: Antonio de Sancha. Recuperado de http://www.bibliotecanacionaldigital.gob.cl/visor/BND: 330185

Montalba-Navarro, R., & Carrasco, N. (2003). Modelo forestal chileno y conflicto indígena ¿ecologismo cultural mapuche? *Ecología política*, 26:63-78.

Montaño, D. (2021). *Electrifying Mexico: Technology and the Transformation of a Modern City*. Austin: University of Texas Press.

Morata, D. (2014). "¿Chile: un país geotérmico en un futuro inmediato?". *Anales de la Universidad de Chile*, 5:71-86.

Morata, D. (10 de Abril de 2019). COP 25: No ignoremos la Geotermia. *El Mostrador.* Recuperado de https://www.elmostrador.cl/noticias/opinion/2019/04/10/cop-25-no-ignoremos-la-geotermia/.

Morata, D. (2022). Cerro Pabellón, primera planta geotérmica de Sudamérica: el dulce despertar de un sueño y el inicio de una nueva era. En Ibarra, C., Vargas Payera, S. & Morata D. Eds. *Geotermia en Chile: un siglo de historia para un desarrollo sustentable*. Santiago: Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes (CEGA).

Mueggler, E. (2011). The Paper Road: Archive and Experience in the Botanical Exploration of West China and Tibet. Berkeley: University of California Press.

Mumford, L. (1934). *Technics and Civilization*. London: Routledge & Kegan Paul PLC.

Neruda, P. (1976). Canto General. Caracas: Biblioteca Ayacucho.

Nye, D. E. (1994). American Technological Sublime. Cambridge: MIT Press, 1994.

Nystrom, E. C. (2014). *Seeing Underground: Maps, Models, and Mining Engineering in America*. University of Nevada Press.

Ñanculef, J. (2016). *Tayiñ Mapuche Kimün Epistemología Mapuche: Sabiduría y conocimientos*.

Orrego, F. (2015). El "Mundus Subterraneus" de Juan Ignacio Molina o el geólogo como economista. *Asclepio*, 67(2):112.

Otero, S. (2014). La tierra de fuego. *Universidad de Chile, CEGA. Disponible En Https://Doi.Org/10.34720/Nweg-4j65*. https ://doi.org/10.34720/nweg-4j65.

Otero, S. (2015). Fighting the information gap and the steam monster, the chilean experience on geothermal outreach. Proceedings World Geothermal Congress. Melbourne, Australia.

Oğuz, Z. (22 de septiembre de 2020). Introduction: Geological Anthropology. Theorizing the Contemporary, *Fieldsights*. https://culanth.org/fieldsights/series/geological-anthropology.

Oomen, J., Hoffman, J & Hajer., M. A. (2021). Techniques of Futuring: On How Imagined Futures Become Socially Performative. European Journal of Social Theory 1–19.

Pacheco, M. (2018). *Revolución Energética en Chile*. Santiago: Ediciones UDP.

Palma, R. & Rudnick, H. (2018). El rol del mundo académico. En Pacheco, M. Ed. *Revolución Energética en Chile*. Santiago: Ediciones UDP.

Pinto, J. (2003). *La Formación del Estado y la Acción y el Pueblo Mapuche. De la Inclusión a la Exclusión*. Dibam: Santiago.

Prieto, M. (2015). Privatizing water in the Chilean Andes: the case of Las Vegas de Chiu-Chiu. *Mountain Research and Development,* 35(3):220-29.

Prieto, M. (2016). Transando el agua, produciendo territorios e identidades indígenas: el modelo de aguas chileno y los atacameños de Calama. *Revista de estudios sociales,* (55):88-103.

Purcell, F. (2018). Imaginarios socioculturales de la hidroelectricidad en Sudamérica 1945–1970. *Atenea,* 518:97-116.

Raffles, H. (2002). Intimate knowledge. *International Social Science Journal*, 54(173): 325–335.

Raffles, H. (2010). *Insectopedia*. New York: Pantheon.

Raj, K. (2016). Go-Betweens, Travelers, and Cultural Translators. En Bernard Lightman Ed. A companion to the History of Science. Malden: Wiley Blackwell.

Ramos Chocobar, S. & Tironi, M. (2022). An Inside Sun: Lickanantay Volcanology in the Salar de Atacama. *Frontiers in Earth Science*, 10.

Revista Nueva Minería y Energía (13 de septiembre de 2017). Central Cerro Pabellón abre paso a la geotermia en Chile. Recuperado de https://www.nuevamineria.com/revista/central-cerro-pabellon-abre-paso-a-la-geotermia-en-chile/

Richardson, T. & Weszkalnys, G. (2014). Introduction: Resource Materialities. *Anthropological Quarterly,* 87(1):5-30.

Rivera, D. (2015). Diagnóstico jurídico de las aguas subterráneas. *RevistaIuset Praxis*, 21(2):225-66.

Rodríguez, M. I. (2016). Proyecto: perforación geotérmica profunda el tatio, fase I. Proyecto sobre conflictos. Conflictos de Energía en Chile: 2005–2014. Universidad de Los Lagos Sede Santiago. Recuperado de http://proyectoconflictos.ulagos.cl/?p=8339.

Rojas, M. (19 de septiembre de 2009). Indígenas reactivan campaña contra exploración geotérmica en El Tatio. *Plataforma Urbana*. Recuperado de https://www.plataformaurbana.cl/archive/2009/09/19/indigenas-reactivan-campana-contra-exploracion-geotermica-en-el-tatio/.

Rubin, J. H. (2008). *Impressionism and the Modern Landscape: Productivity, Technology, and Urbanization from Manet to Van Gogh.* Berkeley: University of California Press.

Rudwick, M. J. S. (1999). Geologist's time: A brief history. En Lippincott, K. *The Story of Time.* Merrell Holberton. London: Merrell Holberton.

Salazar, J., Pink, S. Irving, A. & Sjöberg, J. Eds. (2017). *Anthropologies and Futures: Researching Emerging and Uncertain Worlds*. London and New York: Bloomsbury.

Sanchez-Alfaro, P., Sielfeld, G., Van Campen, B., Dobson, P., Fuentes, V., Reed, A., Palma-Behnke, R. & Morata, D. (2015). Geothermal Barriers, Policies and Economics in Chile – Lessons for the Andes. Renewable and Sustainable Energy Reviews 51:1390-1401.

Sarmiento, D. F. (1874). *Facundo ó Civilizacion i Barbarie en Las Pampas Argentinas*. Paris : Hachette y Cia.

Schaeffer, C. & Smits, M. (2015). From matter of facts to places of concern? Energy, environmental movements and place-making in Chile and Thailand. *Geoforum*, 65: 146–157.

Schell, P. A. (2019). Natural History Values and Meanings in Nineteenth-Century Chile. *Notes and Records: The Royal Society Journal of the History of Science* 73(1):101-24.

Schindler, H. (2006). *Acerca de la Espiritualidad Mapuche*. München: Martin Meidenbauer Verlagsbuchhandlung.

Serracino, G. (1985). Creencias, organización social y económica en Caspana Indígena. La limpia de canales. Actas I Congreso Chileno de Antropología. Colegio de Antropólogos de Chile A. G, Santiago de Chile.

Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (2007). Ficha del Proyecto: Perforación Geotérmica Profunda El Tatio Fase I. Recuperado de https://seia.sea.gob.cl/seia-web/ficha/fichaPrincipal.php?id_expediente=2353375&idExpediente=2353375

Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (2008). Resolución exenta N°0229. Recuperado de https://seia.sea.gob.cl/expediente/ expedientesEvaluacion.php? id_expediente=2353375&idExpediente=2353375#-1.

Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (2009). Informe de contingencia ocurrida en pozo CORFO N°10, sector Geiser del Tatio. Informe contingencia, pronunciamieno servicios, respuestas titular. Recuperado de https://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesSyF.php?id_expediente=2353375&idExpediente=2353375

Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (2010). Resolución proceso sancionatorio N°0226. Recuperao de https://seia.sea.gob.cl//archivos Res_N__226_culmina_.pdf.

Sierra, E. (1981). El Geocosmos de Kircher. Una cosmovisión científica del siglo XVII. *GeoCrítica Cuadernos Críticos de Geografía Humana*, 33/34:1-81.

Shapin, S., & Schaffer, S. (1985). *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*. Princeton University Press.

Shapin, S. (1989). The Invisible Technician. *American Scientist*, 77(6):554-563.

Shapin, S. (1996). *The Scientific Revolution*. University of Chicago Press.

Skewes, J. C., & Guerra, D. E. (2016). Sobre árboles, volcanes y lagos: Algunos giros ontológicos para comprender la geografía mapuche cordillerana del sur de Chile. *Intersecciones en Antropología*, 17, 63–76.

Sor Constantina (1985). Crónica de la misión de Liquiñe 1936–1985. Archivo del Vicariato de la Araucanía Villarrica.

Star, S. L. (1999). The Ethnography of Infrastructure. *American Behavioral Scientist*, 43(3):377-391.

Star, S. L., & Ruhleder, K. (1996). Steps Toward an Ecology of Infrastructure: Design and Access for Large Information Spaces. *Information Systems Research*, 7(1):111-134.

Stilgoe, J. (2016). Geoengineering as Collective Experimentation. *Science and Engineering Ethics*, 22(3):851-69.

Strauss, S., Rupp, S. y Love, T. Eds. (2013). *Cultures of Energy: Power, Practices, Technologies*. Walnut Creek, CA: Routledge.

Subercaseaux, B. (2010). *Chile o una loca geografía*. Santiago: Editorial Universitaria.

Sustempo (1 de Abril de 2017). Central Cerro Pabellón [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=OyR4C4frrgc.

Szeman, I., & Boyer, D. Eds. (2017). *Energy Humanities: An Anthology*. Johns Hopkins University Press.

Taussig, M. (2011). *I Swear I Saw this: Drawings in Fieldwork Notebooks, Namely my Own.* Chicago and London: The University of Chicago Press.

Tironi, M. & Barandiarán, J. (2014). Neoliberalism as Political Technology: Expertise, Energy and Democracy in Chile, En Medina, E. Da Costa, I. & Homes, C. Eds. *Beyond Imported Magic. Essays on Science, Technology, and Society in Latin America*. Cambridge: MIT press.

Tironi, M. (2019). Lithic abstractions: geophysical operations against the Anthropocene. *Distinktion: Journal of Social Theory*, 20 (3):284-300.

Tocchi, E. (1923). Il Tatio, Ufficio Geológico Larderello SpA. Informe inédito.

Tsing, A. L. (2015). *The Mushroom at the End of the World: On the Possibility of Life in Capitalist Ruins.* Princeton University Press.

Tsing, A., Bubandt, N., Gan, E. & Swanson, H. (2017). *Arts of Living on a Damaged Planet: Ghosts and Monsters of the Anthropocene*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Ureta, S., & Flores, P. (2018). Don't wake up the dragon! Monstrous geontologies in a mining waste impoundment. *Environment and Planning D: Society and Space*, 0(0): 1–18.

Ureta, S. (2017). A very public mess: Problematizing the "participative turn" in energy policy in Chile. *Energy Research & Social Change*, 29:127–134.

Valdés, C. (2012). La medida de lo sublime. La Cordillera de los Andes vista desde Chile durante el siglo XIX. *Concinnitas* 2(21):139-68.

Van Dooren, T., Kirksey, E., & Münster, U. (2016). Multispecies Studies: Cultivating Arts of Attentiveness. *Environmental Humanities*, 8(1):1-23.

Vargas, S. (2018). Understanding Social Acceptance of Geothermal Energy: Case Study for Araucanía Region, Chile. *Geothermics* 72:138-44.

Velho, R., & Ureta, S. (2019). Frail modernities: Latin American infrastructures between repair and ruination. *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society*, 2(1):428-441.

Watts, L. (2018). *Energy at the End of the World: An Orkney Islands Saga*. The MIT Press.

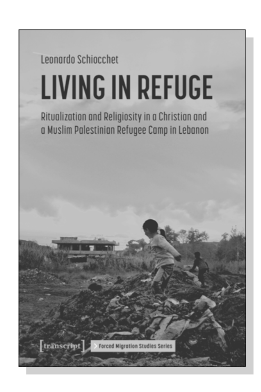
Weinberg, M., González, M. & Bonelli. C (2020). Políticas de la evidencia: entre posverdad, objetividad y etnografía. Antípoda. *Revista de Antropología y Arqueología* (41):3-27.

Wilkie, A., Savransky, M. & Rosengarten, M. (2017). *Speculative Research: The Lure of Possible Futures*. London; New York: Taylor & Francis.

Yanai, T. (1997). Böning, Ewald: el concepto de Pillan entre los mapuche. Scripta etnográfica, 19:151-172.

Zacarías, Y. (2021). El fluido eléctrico y la búsqueda de materialidad: tecnología y visiones de la energía en la publicidad de los primeros alumbrados eléctricos. Santiago de Chile. 1900–1920. *Revista Diseña* (18):1-19.

Ethnologie und Kulturanthropologie



Leonardo Schiocchet

Living in Refuge

Ritualization and Religiosity in a Christian and a Muslim Palestinian Refugee Camp in Lebanon

March 2022, 264 p., pb.
35,00 € (DE), 978-3-8376-6074-6
E-Book: available as free open access publication
PDF: ISBN 978-3-8394-6074-0



Gerhard Schönhofer

Ermächtigung durch Sichtbarkeit?

Filmprojekte mit fluchterfahrenen Jugendlichen in Deutschland

Februar 2022, 352 S., kart.
40,00 € (DE), 978-3-8376-6061-6
E-Book:
PDF: 39,99 € (DE), ISBN 978-3-8394-6061-0



Christiane Schwab (Hg.)

Skizzen, Romane, Karikaturen

Populäre Genres als soziographische Wissensformate im 19. Jahrhundert

2021, 226 S., kart., 3 SW-Abbildungen, 14 Farbabbildungen
35,00 € (DE), 978-3-8376-5212-3
E-Book:
PDF: 34,99 € (DE), ISBN 978-3-8394-5212-7

Leseproben, weitere Informationen und Bestellmöglichkeiten finden Sie unter www.transcript-verlag.de